

# ПРИРОДА



9

1964

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

АКАДЕМИК Д. И. ПЕРБАКОВ

Доктор физико-математических наук Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ (*заместитель главного редактора*); доктор философских наук Д. М. ТРОШИН (*заместитель главного редактора*); кандидат технических наук А. С. ФЕДОРОВ (*заместитель главного редактора*); академик А. И. БЕРГ; член-корреспондент АН СССР Л. А. Зеневич; член-корреспондент АН СССР В. Л. Кротович; академик А. И. ВИНОГРАДОВ; член-корреспондент АН СССР Г. М. ФРАНК; доктор физико-математических наук В. Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ; доктор физико-математических наук С. П. КАНИЦА; И. Б. КОГАН (*ответственный секретарь*)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Академик И. Н. АНИЧКОВ (*медицина*); академик А. Е. АРБУЗОВ (*органическая химия*); академик И. К. КИКОИНИ (*физика*); академик В. Н. СУКАЧЕВ (*ботаника*); академик П. В. ЦИЦИН (*сельское хозяйство*); член-корреспондент АН СССР Э. А. АСРАТЯН (*физиология*); член-корреспондент АН СССР В. Н. ДЕЛОНЕ (*математика*); член-корреспондент АН СССР И. А. КРАСИЛЬНИКОВ (*микробиология*); член-корреспондент АН СССР В. А. МАГНИЦКИЙ (*геофизика*); член-корреспондент АН СССР Н. И. НУЖДИН (*биология*); член-корреспондент АН СССР Р. Э. САГДЕЕВ (*физика*); член-корреспондент АН СССР А. Н. ТЕРЕНТЬЕВ (*органическая химия*); член-корреспондент АН СССР И. И. ТУМАНОВ (*физиология растений*); доктор биологических наук А. Г. БАННИКОВ (*зоология*); доктор физико-математических наук В. 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. Н. ФОРМОВЗОВ (*экология, зоогеография*).

Котик — один из «поставщиков мягкого золота». Благодаря действенной охране, он сильно размножился, и теперь уже ведется планомерный его отстрел. Чтобы не нанести урон стаду, необходимо тщательно изучать биологию и особенности внутривидовых взаимоотношений этого представителя ластоногих.

К статье С. В. Маркова «Котики».

Обложка художника  
К. И. Николристо

# ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТЬДЕСЯТ ТРЕТИЙ

9  
1964

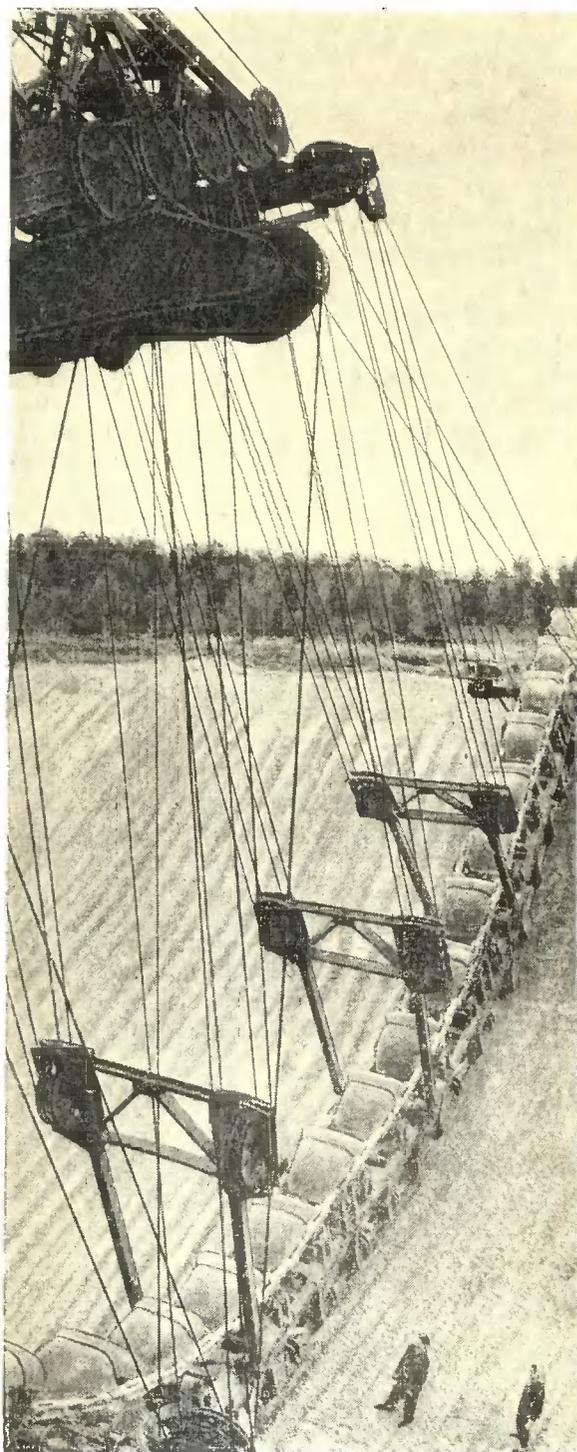
## В НОМЕРЕ:

- Успехи планетной радиолокации. *В. А. Котельников, В. М. Дубровин, Б. И. Кузнецов, Г. М. Петров, О. П. Ржигза, А. М. Шаховской* . . . . . 2
- Полупроводниковые квантовые генераторы. *А. П. Ораесский* . . . . . 15
- Антипожестно и Вселенная. *И. А. Власов* . . . . . 20
- Полирография и современная наука. *Я. П. Страдынь* . . . . . 26
- Природные полимеры. *С. Р. Мардашев* . . . . . 35
- Природа Центральной Антарктиды. Новые исследования советских ученых. *А. П. Капица* . . . . . 46
- Котики. *С. В. Маракос* . . . . . 57
- В павильонах ВДНХ. Настоящее и будущее химии. *Л. В. Соболева, П. Н. Грибкова* . . . . . 65
- Преобразование природы. Покорение Виллюя. *Г. Е. Чистяков* . . . . . 70
- Большая химия. Конкурент металла. Пластифицированная древесина. *А. И. Калниньш* . . . . . 76
- Наука — сельскому хозяйству. Сапронель — для удобрений и подкормки скота. *Ф. А. Соловьев* (81). Внутрпочвенное напорное орошение. *И. А. Кузнецов* (82)
- В лабораториях ученых. Космические лучи и геология. *Я. Л. Блох, В. М. Бондаренко* (85). Глаз и мозг. *А. Р. Шапювич* (90).
- В лаборатории природы. Скорость движения кальмаров. *Г. В. Зуев* (96). Встречи за Полярным Кругом. *И. П. Пядышев* (97). Роса под микроскопом. *Л. З. Прох* (99).
- Грозные явления природы. Землетрясения и вулканы Станового нагорья. *В. П. Солоненко* . . . . . 102
- Гипотезы. Общая циркуляция верхней атмосферы. *Тихомир Р. Тилчев* . . . . . 111

(Продолжение на стр. 128)

Подмосковный горнохимический комбинат. Мощный, многоковшовый экскаватор с фосфоритной рудой, из которой получают ценное и дешевое удобрение для полей совхозов и колхозов

Фото В. Музалына (Фотохроника ТАСС)



# УСНОВЫ ПЛАНЕТНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

*Академик В. А. Котельников,  
В. М. Дубровин, Б. И. Кузнецов, Г. М. Петров,  
О. Н. Ржига, А. М. Шаховской*

*За радиолокационные исследования планет Венера, Меркурий и Марс Ленинская премия 1964 года была присуждена академику В. А. Котельникову, доктору технических наук М. Д. Кислику, научным сотрудникам В. М. Дубровину, В. А. Морозову, Г. М. Петрову, О. Н. Ржиге, А. М. Шаховскому и В. П. Минашину*

**П**ланетная радиолокация в принципе аналогична обычной радиолокации, с которой мы имеем дело на Земле. Сущность ее заключается в том, что при помощи мощного передатчика и остронаправленной антенны с Земли к планете посылаются радиоволны, которые отражаются и возвращаются обратно. Принимая эти радиоволны достаточно чувствительным приемником, можно получить данные о движении планеты и о строении ее поверхности.

Первым внесезным телом, от которого получили радиоэхо, был наш спутник — Луна, расстояние до которой составляет в среднем 380 000 км. Еще в 20-х гг. в связи с первыми опытами импульсного зондирования ионосферы обсуждалась возможность обнаружения отраженных от Луны радиосигналов. Однако прошло два десятилетия прежде чем развитие радиотехники позволило осуществить этот эксперимент. Первые радиолокационные отражения от Луны были получены в 1946 г. де Виттом, Стодола и др. в США и почти одновременно Баем в Венгрии на переоборудованных военных радиолокационных станциях. Эти опыты положили начало новому, активному методу исследования небесных тел.

В последующие годы благодаря совершенствованию радиолокационной аппаратуры стало возможным проводить детальные исследования отражающих свойств лунной

поверхности на радиоволнах. Многочисленные измерения, произведенные в диапазоне волн от 8 мм до 8 м (Эванс и Петенгил, 1963 г.)<sup>1</sup>, показали, что поверхность Луны более гладкая, чем предполагали ранее. Основное отражение радиоволн происходит от ближайшей к Земле части лунной поверхности — шарового сегмента глубиной в несколько километров. Это позволило измерять расстояние до Луны с ошибкой меньше 1 км, что на порядок величины превышает среднюю точность астрономических наблюдений. Оказалось, что от поверхности Луны в направлении к локатору отражается примерно 7% от той энергии, которая отразилась бы, если бы она была гладкой, идеально проводящей сферой. В последнее время в США проводились эксперименты, в результате которых были получены первые карты отражения радиоволн отдельными участками Луны (Грин и Петенгил, 1960 г.).

Опыт, накопленный при радиолокации Луны, был использован при подготовке к радиолокации Венеры. Хотя Венера подходит к Земле ближе других планет, знаем мы о ней немного: сплошной облачный покров, закрывающий планету, не позволяет астрономам разглядеть, что находится на ее поверхности. Для радиоволн облака не представля-

<sup>1</sup> Здесь и дальше в скобках указываются авторы статей и год опубликования.

ют непреодолимой преграды, поэтому можно получить отражения от самой поверхности планеты.

Эта задача была несравненно более трудной из-за большого расстояния. Так, при сохранении той же антенны и того же приемника, которые использовались при локации Луны, потребовалось бы значительно увеличить мощность передатчика. Известно, что при радиолокации мощность принимаемых сигналов падает пропорционально четвертой степени расстояния, в отличие от радиосвязи, где мощность сигналов убывает пропорционально квадрату.

Первые опыты по радиолокации Венеры (закончившиеся, как первоначально полагали, удачно) были проделаны в 1958 г. в США (Прайс, Грин и др., 1959 г.)<sup>1</sup> и повторены в 1959 г. в Англии (Эванс и Тейлор, 1959 г.). Но как теперь выяснилось, результаты этих опытов оказались ошибочными, так как за отраженный сигнал были приняты случайные выбросы шумов приемника. Успешная радиолокация Венеры впервые была проведена в 1961 г. во время нижнего соединения (наименьшее расстояние между Землей и Венерой — около 40 млн. км) при помощи созданных к этому времени более мощных и совершенных радиолокаторов. Это было сделано одновременно в США (Массачусетский технологический институт и Калифорнийский технологический институт), в Англии (Радиообсерватория Джодрелл-Бэнк) и в Советском Союзе (Институт радиотехники и электроники АН СССР совместно с другими организациями). Во время нижнего соединения в 1962 г. в этих странах снова были проведены радиолокационные наблюдения Венеры.

Усовершенствование аппаратуры позволило вслед за тем получить радиолокационные отражения от Меркурия и Марса. Меркурий — самая маленькая из основных планет солнечной системы. Его диаметр в 2,5 раза меньше, чем у Венеры, расстояние от Земли до него не бывает меньше 80 млн. км. Он обращается в непосредственной близости от Солнца, что очень затрудняет визуальные наблюдения. Поэтому о Меркурии, как и о Венере, известно сравнительно мало. Радиолокация Меркурия была произведена сначала в СССР в июне 1962 г., а затем повторена почти через год в США. Оказалось, что

Таблица 1

Планета	Время локации (СССР)	Мощность сигнала на всю планету (в ваттах)	Расстояние (в млн. км)	Время распространения сигналов (в мин.)
Венера	апрель 1961 г. октябрь—декабрь 1962 г.	15 23—9	43—48 40—65	5 4,5—7
Меркурий	июнь 1962 г.	1	83—88	9—10
Марс	Февраль 1963 г.	1,2	100—101	11
Юпитер	сентябрь—октябрь 1933 г.	13	592—600	66—67

Меркурий отражает радиоволны примерно так же, как и Луна.

В феврале 1963 г., во время противостояния Марса, одновременно в Советском Союзе и США были получены радиолокационные отражения и от этой планеты, находящейся на расстоянии 100 млн. км.

В сентябре — октябре того же года, благодаря дальнейшему повышению чувствительности радиолокатора, в Советском Союзе удалось получить отражения от Юпитера — самой большой планеты солнечной системы. Во время этого эксперимента радиоволнам приходилось проходить путь в 1 млрд. 200 млн. км. Вернувшийся от планеты сигнал был очень ослаблен, и чтобы обнаружить его, пришлось накапливать энергию в течение двадцати с лишним часов. Коэффициент отражения Юпитера оказался больше 10%.

В табл. 1 дано время, необходимое радиоволнам, чтобы пройти расстояние до планеты и вернуться обратно.

В октябре — ноябре 1963 г. радиолокация Юпитера была проведена и в США.

#### РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ДО ПЛАНЕТ

Разработанные астрономами и столетиями совершенствовавшиеся методы измерения расстояний до небесных тел требовали проведения большого числа очень точных угломерных измерений положения планет из разных пунктов Земли. Эти исследования надо было проводить совместно в нескольких обсерваториях, расположенных часто на разных континентах. Для наблюдений требовались благоприятные атмосферные условия.

Академики Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси, много занимавшиеся разработкой радиодальномерных систем, еще за несколько лет до осуществления радиолокации Луны показали, что при помощи известных в то время радиометодов расстоя-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1960, № 2, стр. 80.

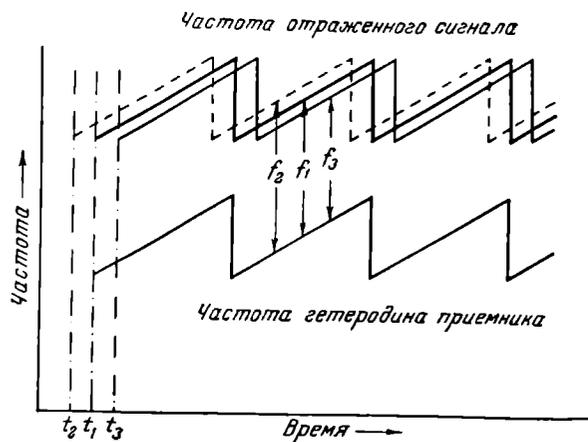


Рис. 1. Изменение частоты на выходе приемника в зависимости от момента прихода отраженного сигнала при измерении расстояния методом частотной модуляции

ние до нее можно измерить точнее и проще, чем позволяют оптические методы.

Ультракороткие радиоволны, которые свободно проходят через ионосферу, как известно, распространяются от Земли к планете и затем обратно к Земле по кратчайшему пути со скоростью, равной скорости света. Измеряя время пробега радиоволн, можно определить расстояние до планеты и отдельных элементов ее поверхности. Точность измерения расстояния при этом может быть достигнута очень высокая, так как величина скорости света сейчас известна с точностью до одной миллионной. Время может быть измерено с точностью большей, чем одна стомиллионная от длительности измеряемого интервала.

Существует ряд способов измерения расстояния при помощи радиоволн. Остановимся на одном из них — способе линейной частотной модуляции, примененной нами в 1962 г. при радиолокации Венеры. Частота излучаемых колебаний при этом периодически изменялась по пилообразному закону.

Изменение частоты отраженных сигналов в приемнике (рис. 1) происходило по такому же закону, но с запаздыванием, равным времени распространения сигнала до планеты и обратно.

Частота колебаний на выходе приемника была равна разности частот отраженного сигнала и местного гетеродина. Во время приема частота гетеродина изменялась по пилообразному закону так же, как частота

передатчика при передаче (см. рис. 1), но с задержкой на время распространения сигнала до планеты и обратно. Для этого модуляция частоты гетеродина начиналась в момент  $t_1$ , когда по расчету отраженный сигнал должен был вернуться.

Разность частот сигнала и гетеродина зависела от измеряемого расстояния. Так, если принятое в расчетах значение было равно фактическому расстоянию, то начало модуляции гетеродина на приеме точно соответствовало фактическому времени прихода отраженного сигнала  $t_1$  (этот случай показан на рисунке жирной линией) и частота на выходе приемника была номинальной  $-f_1$ . Если расстояние было меньше принятого в расчетах, то отраженный сигнал приходил раньше — в момент  $t_2$  (пунктирная линия) и частота на выходе приемника становилась выше номинальной  $-f_2$ . Если же расстояние было больше расчетного, то отраженный сигнал приходил позже — в момент  $t_3$  (тонкая сплошная линия) и частота на выходе приемника получалась ниже номинальной  $-f_3$ . По отклонению частоты на выходе приемника от номинального значения можно было найти поправку к тому расстоянию, которое было принято в расчетах.

Радиолокационные измерения расстояния до планет дают очень надежный способ определения астрономической единицы — основного масштаба длины в солнечной системе.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ЕДИНИЦЫ

Все расстояния в межпланетном пространстве вычисляются астрономами очень точно через среднее расстояние между Землей и Солнцем<sup>1</sup>. Этой величине длины было присвоено название астрономической единицы. Определяя расстояние до планеты в астрономических единицах, а затем измерив его при помощи радиолокатора в километрах, можно выяснить какова же в действительности величина астрономической единицы.

Ранее она неоднократно определялась различными астрономическими методами. Результаты этих измерений астрономической единицы и радиолокационные данные 1961 г. представлены на рис. 2. Загущенные прямоугольники изображают ошибки, как определили их сами авторы.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1961, № 9, стр. 24—31.

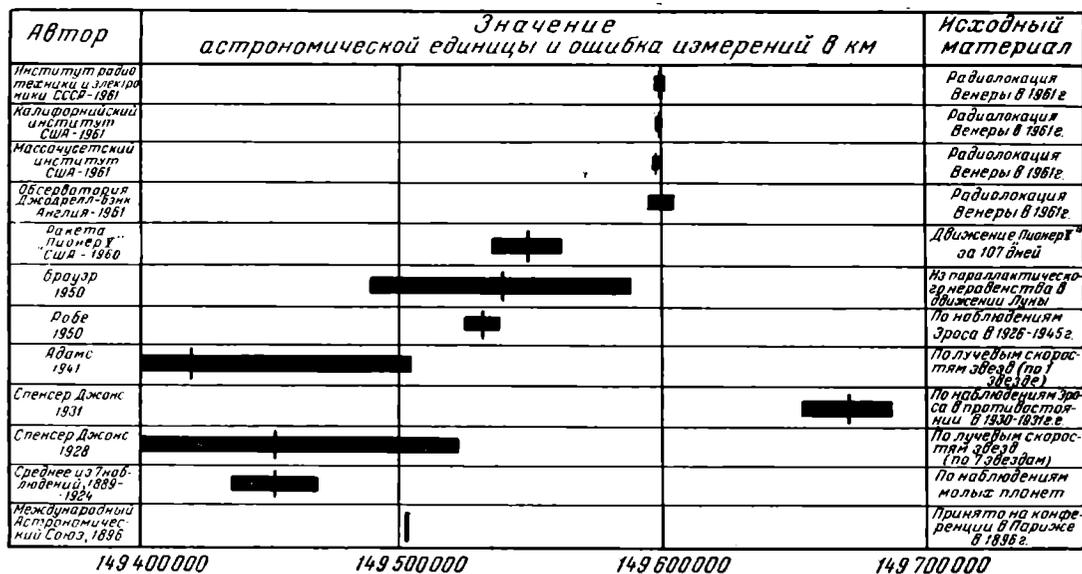


Рис. 2. Результаты определения астрономической единицы радиолокационными и астрономическими методами

Из рисунка 2 видно, что астрономические методы дают значения астрономической единицы, лежащие в пределах от 149,4 до 149,7 млн. км.

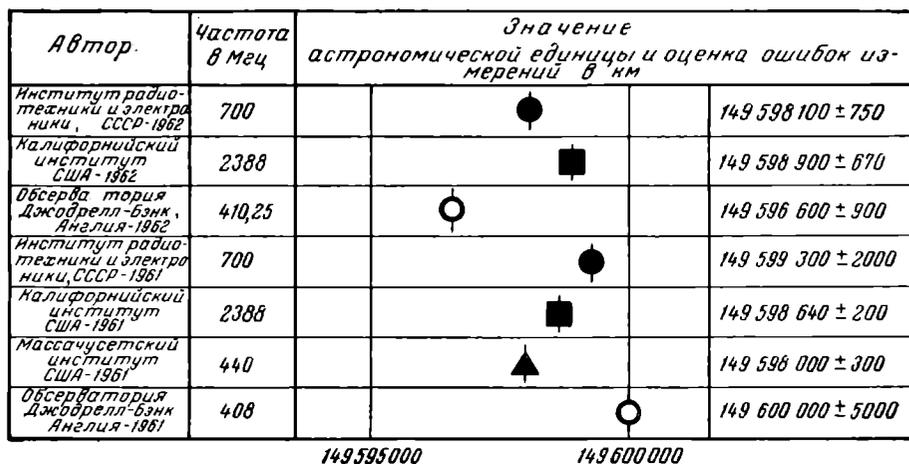
Радиолокационные измерения 1961 г. дали, как видно из рисунка, совпадающие и намного более точные результаты, чем полученные астрономами. Надежность этих результатов не вызывает никаких сомнений, так как измерения были проведены независимо в трех странах на разных длинах волн и расхождения получились в пределах ожидаемых ошибок. Измерения повторялись много раз: чувствительность аппаратуры

была достаточно велика, чтобы уверенно регистрировать отраженный от Венеры сигнал.

Результаты измерения астрономической единицы по радиолокационным наблюдениям Венеры в 1961 и 1962 гг. представлены на рис. 3 в увеличенном масштабе. Значение астрономической единицы по этим измерениям лежит в пределах от 149596600 до 149600000 км.

На этом же рисунке указаны частоты передатчиков радиолокаторов; крайние значения их (408÷2388 Мгц) отличаются почти в 6 раз. Если бы наличие заряженных частиц

Рис. 3. Результаты определения астрономической единицы по радиолокационным наблюдениям Венеры в 1961 и 1962 гг. Скорость света в этих наблюдениях принималась равной 299792,5 км/сек, радиус Венеры — 6100 км. Для измерений, произведенных в СССР, дано максимальное значение ошибки, в котором учтены погрешности за счет аппаратуры, неточного знания скорости распространения радиоволн, радиуса Венеры и неточности эфемерид. В измерениях, проведенных в других странах, эти ошибки учтены не полностью



в межпланетном пространстве оказывало существенное влияние на распространение радиоволн этого диапазона, то измеренное расстояние (и значение астрономической единицы) на более коротких волнах получилось бы меньше, чем на более длинных, которые сильнее подвержены влиянию ионизированной среды. Отсутствие видимой связи между полученными значениями астрономической единицы и частотой, на которой проводились измерения, свидетельствует о том, что влияние межпланетной среды находится в пределах ошибок измерений.

Данные рис. 3 были получены из наблюдений движения одной планеты. Радиолокация Меркурия и Марса в 1962—1963 гг. позволила произвести независимые измерения астрономической единицы еще по двум планетам. Эти измерения дали результаты, сходные с радиолокационными наблюдениями Венеры.

До проведения радиолокационных измерений наиболее достоверным считалось значение  $149532000 \pm 7000$  км, полученное Рабе в 1950 г. по наблюдениям малой планеты Эрос (см. рис. 2). Ошибка определения Рабе, как показали радиолокационные измерения, составляла  $64 \div 68$  тыс. км, т. е. 0,04% астрономической единицы. Сравнительно вы-

сокая точность этого определения вполне соответствует требованиям астрономических наблюдений, но была совершенно недостаточной для вождения межпланетных космических кораблей. Например, при запуске с Земли к Марсу космического корабля такая ошибка привела бы к тому, что корабль прошел бы в стороне от Марса примерно на расстоянии в 15 радиусов этой планеты.

На основании наиболее точных радиолокационных измерений (см. рис. 3) значение астрономической единицы теперь известно примерно в 100 раз точнее результатов Рабе, что имеет исключительное значение для космических полетов. Дальнейшее уточнение астрономической единицы ограничивается не возможностями радиолокационной аппаратуры, а неточным знанием параметров орбиты Венеры, ее радиуса и значения скорости света.

#### УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОРБИТЫ И РАЗМЕРОВ ВЕНЕРЫ

Точное измерение расстояния до планеты на протяжении длительного интервала времени позволяет наряду с астрономической единицей уточнить также параметры орбиты (эксцентриситет, положение на орбите и т. д.). Так, например, если размеры орбиты известны точно, но планета находится на орбите впереди вычисленного положения, то измеренное расстояние до соединения, когда планета движется к Земле, будет меньше вычисленной величины, а после соединения, когда планета удаляется, — больше вычисленной величины. Это смещение можно найти и внести в таблицы, по которым рассчитывается движение планеты.

Возможность такого уточнения можно показать на результатах наших измерений расстояния до Венеры в октябре — декабре 1962 г. (рис. 4). Кружками здесь показано изменение в зависимости от даты наблюдения  $\Delta r$ , которая представляет собой разность между измеренным расстоянием до Венеры и вычисленным по имевшимся ранее сведениям об орбите планеты. Астрономическая единица принималась при этом равной 149599300 км. Измеряемое рассто-

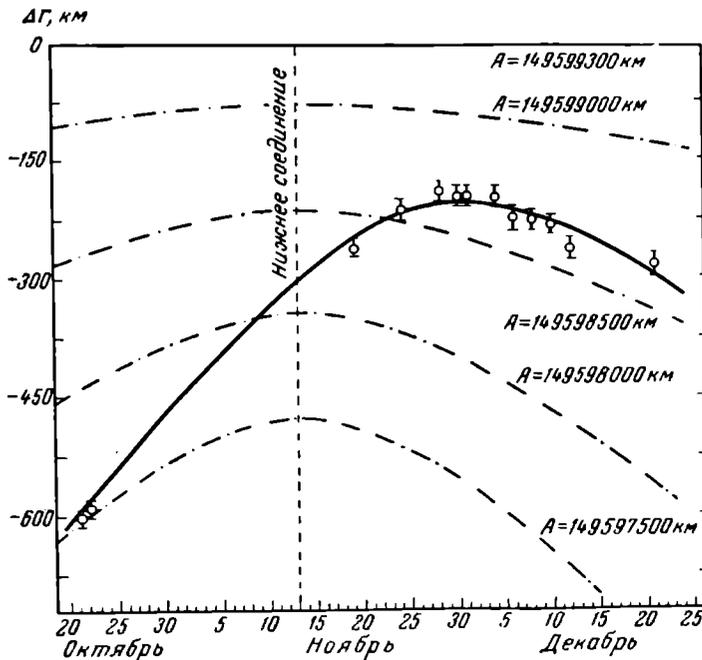


Рис. 4. Изменение во времени разности между измеренным и вычисленным расстоянием от локатора до Венеры

яние менялось от 40 млн. км (минимальное — 13 ноября, во время нижнего соединения Венеры) до 65 млн. км (21 декабря). На этом рисунке около кружков также показана результирующая погрешность измерений за данный день, составлявшая 7—15 км. (Заметим, что в наших измерениях 1961 г. эта ошибка составляла несколько сот километров).

Штрих-пунктирными линиями на рисунке показано, как должна была меняться величина  $\Delta r$  при различных значениях астрономической единицы. В частности, если бы ее значение было точно равно  $A = 149599300$  км, т. е. величине, определенной нами по измерениям 1961 г. и использовавшейся в расчетах, то в отсутствие других ошибок экспериментальные точки должны были совпасть с горизонтальной осью вверх.

Несовпадение экспериментальных точек ни с одной из этих кривых свидетельствует о том, что не только астрономическая единица, но и параметры орбиты Венеры, использовавшиеся при расчете расстояния до нее, должны быть уточнены. В частности, если для астрономической единицы взять значение 149597900 км, радиус Венеры принять равным 6020 км и считать, что фактическое положение центра Венеры на ее орбите смещено относительно расчетного на 270 км по движению, то величина  $\Delta r$  будет изменяться так, как показано на рисунке сплошной линией, которая довольно хорошо соответствует расположению экспериментальных точек. Величина этого смещения составляет всего 2% от диаметра Венеры и заметить его оптическими способами было бы очень трудно.

Радиолокационные наблюдения дают нам непосредственно расстояние не до центра Венеры (к которому привязаны все используемые в расчетах астрономические данные о движении планеты), а расстояние до ближайшей к Земле части ее поверхности (точка А, рис. 5), которая обуславливает наиболее интенсивное отражение, — т. е. расстояние, меньшее на величину радиуса Венеры. Величина радиуса влияет на изменение  $\Delta r$ , что и позволяет его определить.

Оптические наблюдения в отличие от радиолокационных дают нам радиус внешней границы облачного слоя. Д. Я. Мартынов из наблюдений покрытия Венерой звезды Регул определил этот радиус —  $6100 \pm$

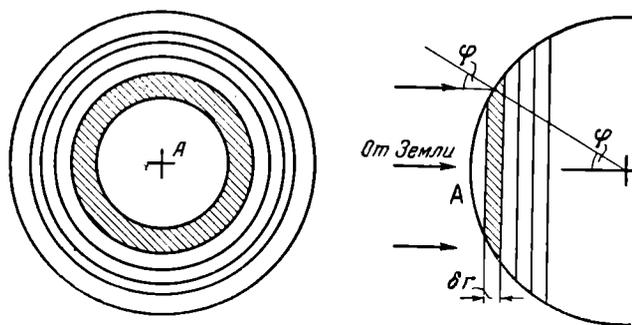


Рис. 5. Кольцевые отражающие зоны на поверхности планеты при облучении ее плоской волной. В пределах каждого кольца отраженные сигналы запаздывают одинаково

$\pm 34$  км<sup>1</sup>. Взяв разность радиусов по оптическим и радиолокационным наблюдениям, можно найти высоту облаков на Венере. Однако точность произведенных измерений пока для этого еще недостаточна.

Последующие радиолокационные наблюдения, проведенные при других положениях Венеры на ее орбите и обработанные совместно с прежними наблюдениями, очевидно, позволят уточнить не только параметры орбиты и размеры Венеры, но и параметры орбиты Земли.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ

Космонавта, готовящегося к полету на Венеру, прежде всего будет интересовать, что он встретит на планете. Представляет ли поверхность Венеры сплошной океан воды или скалистые горы, а может быть, это песчаная пустыня или равнина, залитая нефтью? На эти вопросы планетная радиолокация частично уже дала ответы.

Планета рассеивает радиоволны во все стороны, и в том числе обратно к радиолокатору. Интенсивность отражения в направлении радиолокатора, помимо геометрических размеров планеты, зависит от коэффициента отражения поверхности планеты и ее гладкости.

Коэффициент отражения поверхности, или «альbedo», как называют его в астрономии, представляет собой отношение энергии, отраженной во все стороны, к энергии, падающей на эту поверхность. Коэффициент отражения определяется материалом отражающей поверхности. Для диэлектриков его

<sup>1</sup> См. «Природа», 1961, № 9, стр. 24—31.

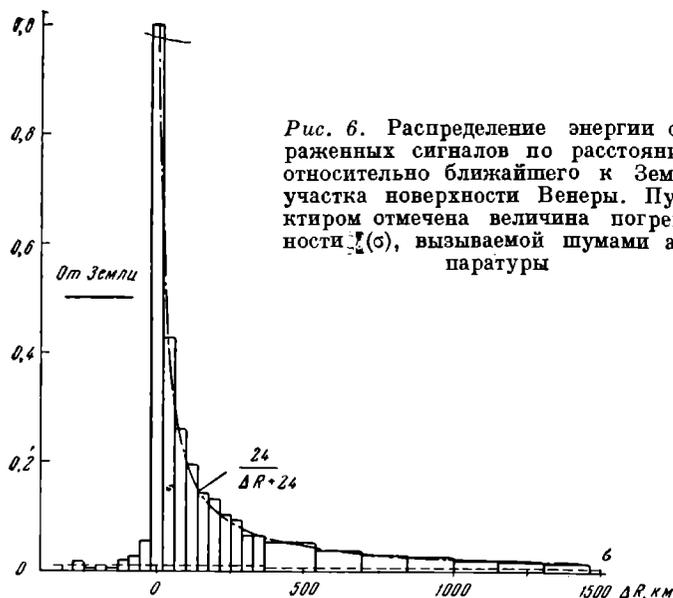


Рис. 6. Распределение энергии отраженных сигналов по расстоянию относительно ближайшего к Земле участка поверхности Венеры. Пунктиром отмечена величина погрешности  $\rho(\sigma)$ , вызываемой шумами аппаратуры

величину ( $\rho$ ) можно найти по диэлектрической проницаемости:

$$\rho = \left( \frac{\sqrt{\epsilon} - 1}{\sqrt{\epsilon} + 1} \right)^2.$$

Коэффициент отражения некоторых материалов дается в табл. 2.

Для гладких сферических поверхностей интенсивность отражения в направлении радиолокатора определяется только коэффициентом отражения поверхности. Как будет показано ниже, на радиоволнах Венера отражает в первом приближении как гладкая сфера. Поэтому по интенсивности отраженных радиоволн можно найти коэффициент отражения и затем подобрать подходящий материал поверхности планеты из табл. 2.

Коэффициент отражения поверхности Венеры по измерениям в СССР на волне около 40 см и в США на волнах 68 и 12,6 см составлял 10—15%, причем величина его ото дня ко дню изменялась сравнительно мало (по нашим измерениям, в пределах  $\pm 3\%$ ).

Таблица 2

Материал отражающей поверхности	Диэлектрическая проницаемость	Коэффициент отражения (в %)
Кварц кристаллич.	4,5	13
Кварц плавленный	3,5—4,1	9—11,5
Кварцевый песок	3,0	7
Мрамор	8,3	23
Нефть	2,1	3,5
Вода	(проводник)	около 100

Это говорит о том, что поверхность Венеры в отличие от земной имеет довольно однородное строение. Такой же коэффициент отражения радиоволн у некоторых скальных пород на Земле (см. табл. 2). Величина коэффициента отражения слишком велика, чтобы допустить, что поверхность Венеры сплошь покрыта песком или нефтью, как предположил Хойл. С другой стороны, величина коэффициента отражения слишком мала, чтобы поддержать гипотезу Мензела и Уиппла о сплошном водном океане <sup>1</sup>.

Заметим, что если бы удалось произвести аналогичную радиолокацию Земли с Венеры, то результаты измерения коэффициента отражения получились бы более разнообразными. В течение суток Земля обращена к Венере попеременно песчаными пустынями, плоскогорьями или водными пространствами океанов. В соответствии с этим коэффициент отражения изменялся бы примерно от 7 до 100%.

Если разделить отражения от элементов поверхности планеты, составляющих различные углы с направлением движения волны, то можно было бы найти зависимость отраженной энергии от этого угла и судить о структуре поверхности планеты. Такой эксперимент был проведен в 1962 г. при радиолокации Венеры с использованием метода пилообразной частотной модуляции.

Фронт излучаемых передатчиком локатора волн, достигая планеты, в первый момент касается ближайшей к Земле точки (точка А в центре видимого диска планеты, см. рис. 5), а затем захватывает более удаленные зоны ее поверхности, имеющие в плане вид концентрических колец. Благодаря тому, что отражения от более удаленных зон приходят позже, отражения от каждой кольцевой зоны можно выделить в отдельности.

На рис. 6 показано, как меняется энергия отраженных Венерой сигналов  $p$  (в относительных единицах) в зависимости от расстояния  $\Delta R$ , на котором произошло отражение. За нулевое расстояние принято положение точки А (см. рис. 5). Таким образом, самый большой столбик соответствует энергии сигналов, отраженных от ближайшей к Земле зоны, — шарового сегмента. Первые десять

<sup>1</sup> См. «Природа», 1960, № 10, стр. 8 — 15.

столбиков представляют собой энергию отраженных сигналов кольцевыми зонами глубиной по 38 км каждая; остальные зоны имеют глубину в 4 раза большую<sup>1</sup>. Энергию, соответствующую отрицательным значениям  $\Delta R$ , вероятно, нужно отнести за счет специфики применяемой модуляции сигнала.

Интенсивность отраженных сигналов убывает с увеличением расстояния примерно по гиперболе ( $p = \frac{24}{\Delta R + 24}$ ), изображенной на рисунке штрих-пунктирной линией. Как видно из рисунка, удавалось зарегистрировать энергию, отраженную зонами, удаленными от Земли на 1500 км дальше, чем ближайшая точка Венеры. По этим данным была найдена зависимость энергии отраженных сигналов  $p$  от угла падения  $\varphi$  (см. рис. 5). Эта зависимость изображена на рис. 7 сплошной линией (энергия дана в относительных единицах, масштаб — логарифмический). Для сопоставления на том же рисунке пунктирными линиями приведены аналогичные зависимости, полученные при радиолокации Луны на волнах длиной 68 и 3,6 см.

Приведенные зависимости определяются шероховатостью поверхности Венеры и Луны. Для совершенно гладкой сферы зависимость  $p(\varphi)$  резко обрывается с ростом угла падения, так как отраженные волны поступают назад к радиолокатору только лишь от малого пятна в центре видимого диска сферы. С другой стороны, очень шероховатая сферическая поверхность дает медленное изменение  $p(\varphi)$  от угла падения.

Одна и та же поверхность может отражать не одинаково на разных волнах, так как шероховатость определяется соотношением размера неровностей и длины волны. Так, например, световые волны отражаются Луной приблизительно по закону Ломмеля—Зеелигера (штрих-пунктирная линия, см. рис. 7), как от очень шероховатой сферы, в то время как на более длинных радиоволнах отражение приближается по характеру к отражению от гладкой поверхности. В полнолуние весь диск Луны имеет примерно одинаковую яркость, как в центре, так и у краев. Совершенно другая картина представилась бы нам, если бы глаза могли различать радиоволны: яркое пятно в центре лунного диска и совершенно темные края. Так же отражаются радиоволны и Венерой.

<sup>1</sup> Глубина зон определяется разрешающей способностью аппаратуры.

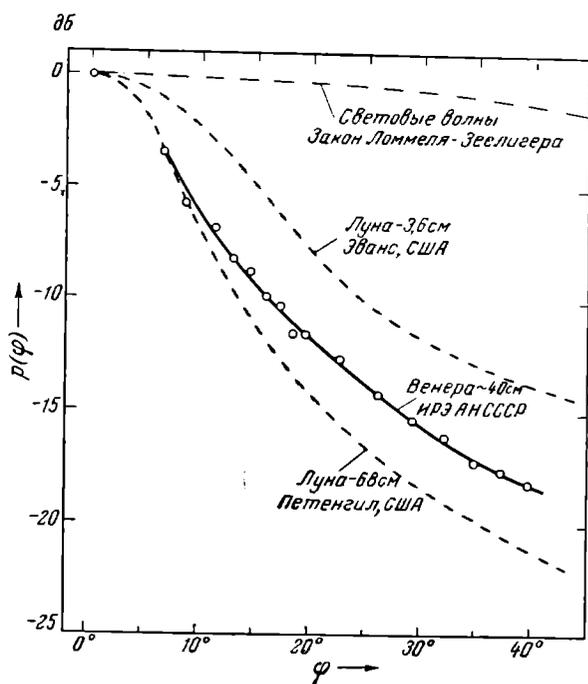


Рис. 7. Зависимость отраженной энергии от угла падения волны для Венеры и Луны

Сопоставление данных, приведенных на рис. 7, позволяет сделать важный вывод, что для волн около 40 см поверхности Венеры и Луны имеют примерно одинаковую структуру неоднородностей.

Радиолокация Марса, проведенная в 1963 г. одновременно в СССР и США, позволила получить данные о коэффициенте отражения поверхности этой планеты на волнах около 40 и 12,6 см соответственно. На рис. 8 изображена карта Марса, горизонтальной линией на ней отмечена область, от которой у нас были получены отраженные сигналы.

Коэффициент отражения поверхности менялся в широких пределах по мере того, как Марс поворачивался к Земле различными сторонами. Следовательно, состав поверхности на Марсе должен быть более разнообразным, чем на Венере. В нижней части рисунка, под картой Марса, показано, как изменялся коэффициент отражения поверхности в зависимости от долготы области, отражавшей сигналы, по наблюдениям в СССР (жирная линия) и США (тонкая линия). Обе кривые имеют некоторую взаимную корреляцию. По этим данным как будто следует, что более темные области, условно называемые моря-

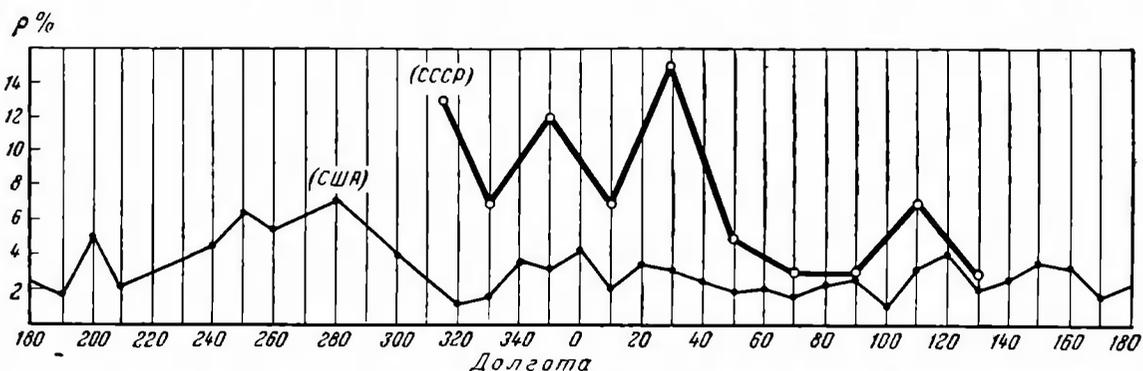
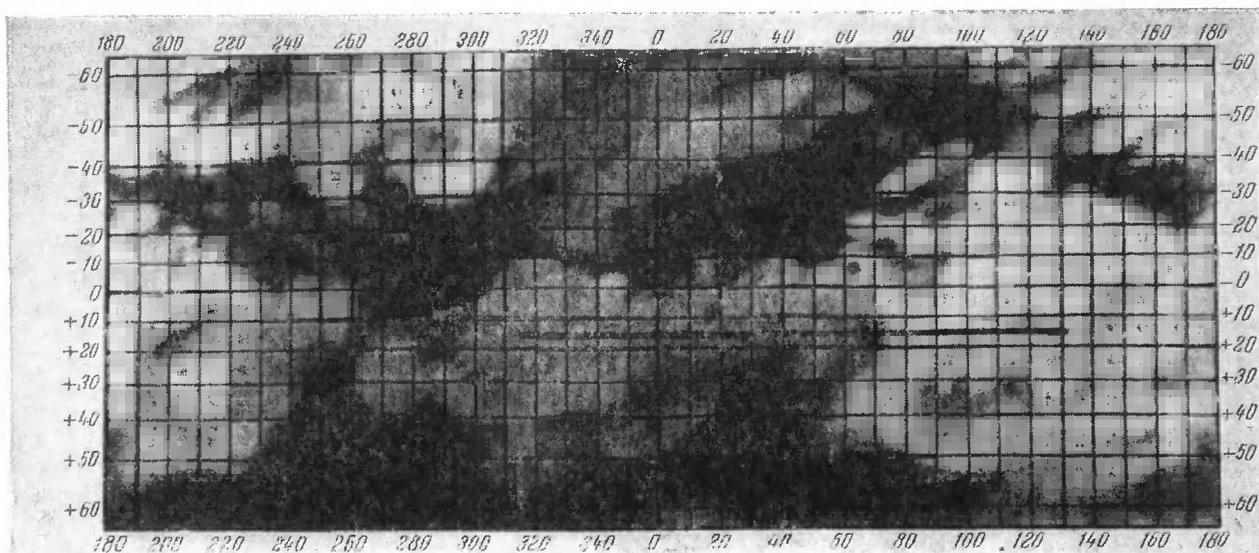


Рис. 8. Астрономическая карта Марса и изменение коэффициента отражения его поверхности по наблюдениям в СССР и в США (Голдштейн и Гилмар, 1963)

ми, отражают лучше светлых, называемых материками.

Средний коэффициент отражения поверхности Марса получился по нашим наблюдениям равным 7% (как и у Луны), а в США — в два раза меньше. Возможно, такое явление связано с изменением характера отражения с укорочением волны.

Характер спектра отраженного сигнала свидетельствовал о наличии на Марсе очень гладких протяженных участков поверхности.

В наших наблюдениях в некоторые дни отражения совсем не удавалось зарегистрировать. Возможно, что это было вызвано изменением отражающих свойств Марса. Последующие наблюдения, проведенные с более чувствительной аппаратурой, позволят получить более полные данные о поверхности Марса.

#### ПЕРИОД ВРАЩЕНИЯ ВЕНЕРЫ

До проведения радиолокационных наблюдений период вращения Венеры и наклон ее оси были довольно неопределенны. Период оценивался величиной от 15 час. до 225 суток<sup>1</sup>. При радиолокации Венеры в 1962 г. в СССР и в США было произведено определение периода вращения этой планеты по расширению спектра сигналов при отражении от ее поверхности.

Различные элементы поверхности вследствие вращения планеты имеют по отношению к локатору различные скорости. Из-за эффекта Доплера частота сигналов при отражении смещается в соответствии со скоростью отражающих элементов. Так, например, точка

<sup>1</sup> См. «Природа», 1960, № 10, стр. 8—15.

*a* (рис. 9), движущаяся на нас, даст отражения на более высокой частоте, чем точка *b*, которая от нас удаляется, а отражения от точки *c* будут иметь еще более высокую частоту из-за большей скорости этой точки.

Спектр отраженных сигналов, полученный при монохроматическом облучении Венеры, на частоте около 700 Мгц, представлен на рис. 10. Стабильность частоты передатчика была достаточной, чтобы использовать для анализа фильтры с шириной полосы пропускания по 1 гц. Специальное устройство, компенсировавшее во время измерений среднее смещение частоты сигналов, вызываемое относительным движением локатора и центра Венеры, также не вносило заметных ошибок. Каждый столбик на этом рисунке представляет энергию сигналов, отраженных элементами поверхности, проектирующимися на видимый диск планеты в виде полос, параллельных оси вращения (см. рис. 9).

Спектр отраженных сигналов в разные дни был неодинаковой ширины. Это указывает на то, что вращение Венеры относительно локатора менялось. Такое относительное вращение (его можно было бы заметить, наблюдая в телескоп за перемещением деталей на поверхности Венеры, если бы она не была закрыта облаками) вызывается двумя причинами: собственным вращением Венеры, кото-

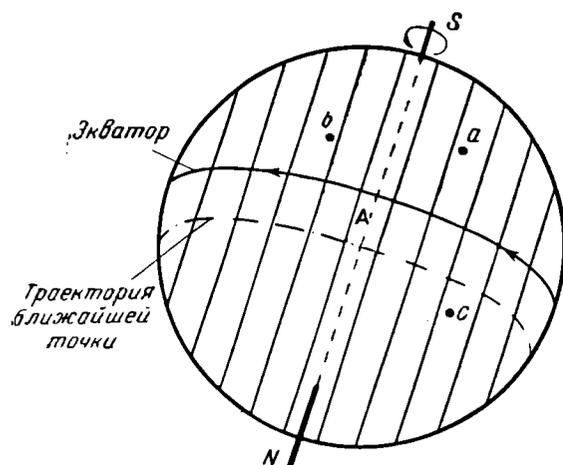


Рис. 9. Схема, поясняющая расширение спектральной линии сигнала при отражении от вращающейся планеты. В пределах каждой полоски отраженные сигналы получают одинаковое смещение частоты. Точки *a* и *c* движутся к наблюдателю, *b* — от него

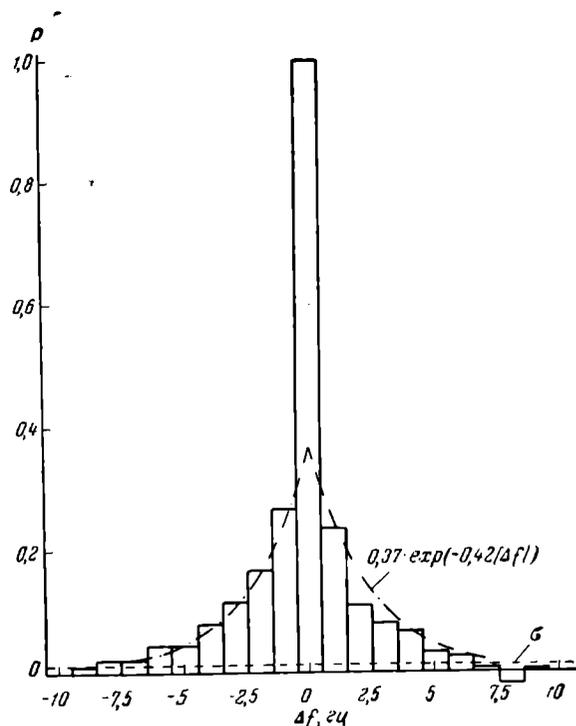


Рис. 10. Средний спектр отраженных от Венеры сигналов при монохроматическом облучении на частоте около 700 Мгц,  $\Delta f$  — смещение частоты из-за вращения планеты. Эти данные можно аппроксимировать экспоненциальной зависимостью, показанной штрих-пунктирной линией. Пунктир обозначает величину погрешности от шумов аппаратуры

рое имеет постоянную величину и должно быть определено, и кажущимся обеганием Венеры Землей, зависящим от их взаимного положения. Происхождение последней составляющей можно уяснить на примере человека, который обходит глобус. Хотя глобус неподвижен, создается впечатление, что он вращается навстречу движению. Эту составляющую можно вычислить теоретически.

Изменение скорости относительного вращения Венеры, вычисленной для разных значений периода  $T$  в случае, когда ось планеты перпендикулярна плоскости орбиты, изображено на рис. 11. Кривая при  $T = \infty$  получилась если бы планета не вращалась; при  $T = 225$  суткам (время обращения Венеры вокруг Солнца) планета была бы повернута к Солнцу всегда одной и той же стороной (как Луна к Земле). Отрицательные значения периода соответствуют вращению Венеры в сторону, обратную ее движению вокруг Солнца.

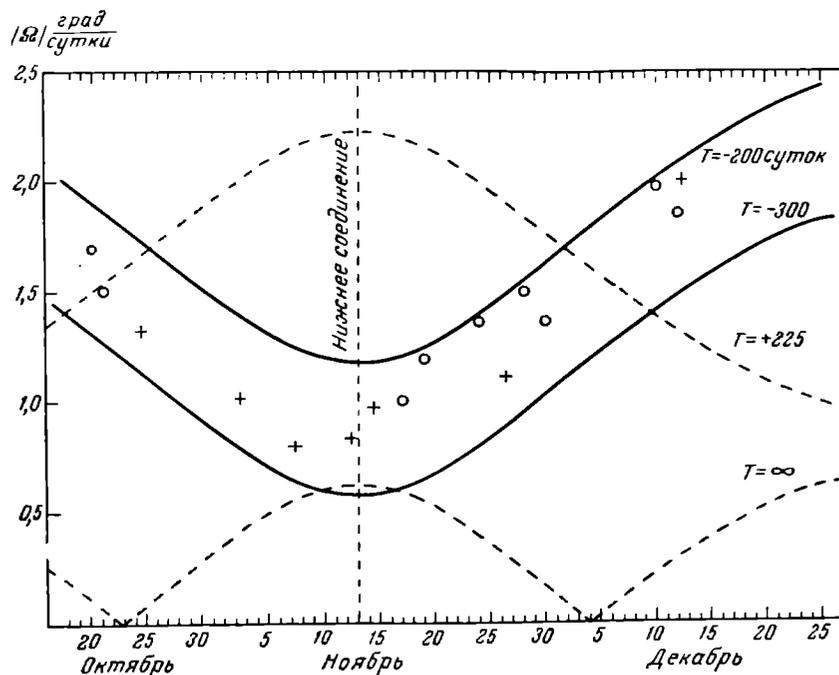


Рис. 11. Определение периода вращения Венеры по наблюдениям в СССР (кружочки) и в США (крестики).  $\Omega$  — угловая скорость вращения Венеры относительно локатора

На этом же рисунке нанесены экспериментальные точки, полученные по наблюдениям в СССР и в США (Голдштейн и Карпенгер, 1963 г.). Для этого экспериментально полученный в различные дни наблюдений спектр сравнивался со спектром, который можно вычислить, задаваясь определенными значениями скорости вращения, по данным зависимости отраженной энергии от угла падения волн (см. рис. 7).

Как видно из рисунка, экспериментальные данные лучше всего соответствуют обратному вращению с периодом 200—300 земных суток.

Хорошее совпадение экспериментальных данных, полученных независимо на волнах 40 и 12,6 см, говорит о том, что на этих волнах отражения получают непосредственно от самой поверхности Венеры. В свете этого не подтверждаются предположения, что на волнах порядка 40 см радиолокационные сигналы отражаются от ионосферы Венеры, не достигая поверхности планеты<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1963, № 9, стр. 68—71.

Существует мнение, что наличие у планеты магнитного поля обуславливается ее вращением. Это соответствие можно проследить у тех небесных тел, для которых известен период вращения и величина магнитного поля. Так, Земля и Юпитер (наличие сильного магнитного поля у последнего подтверждается данными радиоастрономических наблюдений) представляют пример планет с быстрым вращением и сильным магнитным полем. С другой стороны, для Луны, которая совершает один оборот за 27 суток, отсутствие заметного магнитного поля было доказано прямыми измерениями при полете советских Лунников в 1959 г. Поэтому медлен-

ное вращение Венеры, видимо, может служить косвенным свидетельством отсутствия у этой планеты сильного магнитного поля.

Полет американского аппарата «Маринер-2», прошедшего вблизи Венеры в декабре 1962 г., наличия магнитного поля не зафиксировал.

Следующая задача планетной радиолокации — более детальное исследование поверхности планеты. Хотя антенна радиолокатора не обладает той высокой разрешающей способностью по углу, какую дают оптические телескопы, разделение сигналов по времени и по частоте позволяет, как мы видели, разделять отражения, приходящие от различных элементов поверхности планеты.

При достаточно чувствительной аппаратуре по этим данным можно построить карту радиолокационных отражений и получить новые данные о планетах солнечной системы.



В. А. Котельшиков



М. Д. Кислик



В. М. Дубровин



В. А. Морозов



Г. М. Петров



О. Н. Ржига

**ЛАУРЕАТЫ  
ЛЕНИНСКОЙ ПРЕМИИ  
1964 г.**

Премия присуждена за радиолокационные исследования планет Венеры, Меркурий и Марс



А. М. Шаховской



В. П. Минашин



Б. М. Вуз



О. Н. Крохин



Ю. М. Попов



А. П. Шотов



Д. Н. Наследов



С. Н. Рыбкин

**ЛАУРЕАТЫ  
ЛЕНИНСКОЙ ПРЕМИИ  
1964 г.**

Премия присуждена за фундаментальные исследования, приведшие к созданию полупроводниковых квантовых генераторов



# ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КВАНТОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

*А. Н. О р а е в с к и й*

*Кандидат физико-математических наук  
Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР (Москва)*

*За фундаментальные исследования, приведшие к созданию полупроводниковых квантовых генераторов, была присуждена Ленинская премия 1964 г. члену-корреспонденту АН СССР Б. М. Вулу, кандидатам физико-математических наук О. Н. Крохино, Ю. М. Попову и А. П. Шотову, докторам физико-математических наук Д. Н. Наследову и С. Н. Рыскину и научным сотрудникам А. А. Рогачеву и Б. В. Царенкову*

С развитием квантовых генераторов оптического диапазона — лазеров — наука и техника получили в свое распоряжение замечательный прибор. Об удивительных свойствах лазерного луча уже писалось на страницах нашего журнала<sup>1</sup>. Для мощного лазера не существует твердых и тугоплавких веществ: сфокусированный луч лазера способен за очень короткие промежутки времени испарять вещества любой степени твердости и тугоплавкости. Это дает возможность при помощи лазерного луча вести эффективную обработку твердых материалов.

Применяя тонкий, как игла, почти не расходящийся световой луч, можно передавать энергию, осуществлять связь на больших расстояниях при сравнительно небольших энергетических затратах. При этом канал связи, использующий в качестве несущей световую волну большой частоты, обладает огромной «емкостью»: по одному такому каналу можно передавать тысячи телевизионных программ. Это лишь отдельные примеры, но далеко не все возможные аспекты применения квантовых генераторов, которые уже в настоящее время намечены учеными. Намечены... Но еще далеко не все и не полностью претворены в жизнь. Во-первых, потому, что на пути от замысла ученого до воплощения идеи в конкретную конструкцию прибора приходится преодолевать много трудностей. Во-вторых, когда говорят о возможностях квантового генератора, то имеют в

виду обычно свойства генерируемого им светового луча. Однако очень часто при практическом использовании прибора большую роль играют другие свойства квантовых генераторов, как-то: коэффициент полезного действия, размеры, режим его работы, излучаемая мощность и т. п. И, как правило, получается так, что воплотить в одном приборе все принципиальные достоинства квантовых генераторов не удается. Например, квантовые генераторы, использующие кристаллы рубина, могут развивать большую мощность светового излучения, но при этом их трудно заставить работать в непрерывном режиме. Кроме того, они значительно уступают газовым квантовым генераторам в стабильности (постоянстве) характеристик излучения, направленности светового луча и т. д. Однако газовые генераторы имеют сравнительно малую мощность. И чем больше будет создано квантовых генераторов, использующих самые разнообразные материалы, тем шире будет область их применения.

С самого начала возникновения квантовых генераторов развивались лишь два основных направления: квантовые генераторы с использованием люминесцирующих кристаллов и стекол (таких, как рубин, неодимовое стекло и т. д.) и газовые квантовые генераторы. Однако ученые настойчиво искали возможности использовать другие вещества.

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ

Еще в 1957 г. Н. Г. Басов выдвинул идею использования полупроводников для кван-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1961, № 12, стр. 16—25; 1963, № 5, стр. 90—91.

товых генераторов<sup>1</sup>. В 1958 г. появилась первая работа, выполненная сотрудниками Физического института им. П. Н. Лебедева Академии наук СССР (Н. Г. Басов, Б. М. Вул и Ю. М. Попов), в которой подводились итоги первого этапа исследований в области создания квантовых генераторов. В этом исследовании были указаны и обоснованы основные физические требования, которым необходимо удовлетворить для создания полупроводниковых квантовых генераторов.

Чтобы понять, к чему сводятся эти основные требования, рассмотрим структуру энергетических уровней электронов в полупроводнике.

В полупроводнике энергия электронов может принимать не любые значения: полосы разрешенных значений энергии чередуются с полосами запрещенных значений (рис. 1). Первая основная полоса разрешенных значений энергии носит название «валентной зоны». Далее следует полоса запрещенных значений энергии, или запрещенная зона. За ней идет снова разрешенная полоса, носящая название «зоны проводимости», и т. д.

В обычном полупроводнике при комнатной температуре электроны заполняют все возможные значения энергии (все энергетические «уровни») валентной зоны. Уровни энергии зоны проводимости практически «пусты». Если теперь часть электронов из валентной зоны перевести в зону проводимости, то электроны из зоны проводимости могут переходить обратно на свободные места в валентной зоне, отдавая избыток энергии при переходе в виде кванта света. Оказалось, что для усиления или генерации света при помощи полупроводника необходимо из валентной зоны в зону проводимости перевести столько электронов, чтобы все энергетические уровни, находящиеся вблизи границы зоны проводимости с запрещенной зоной, были заполнены электронами. Интервал энергий, который нужно заполнять, равен тепловой энергии электронов. Он уменьшается с уменьшением температуры. Это одно из основных условий работы полупроводниковых генераторов, полученных в названной выше

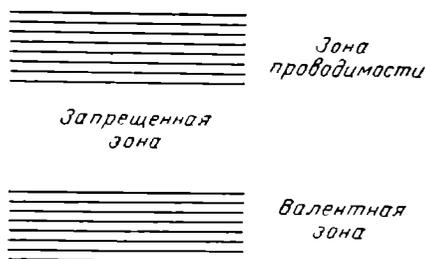


Рис. 1. Схема структуры энергетических уровней в полупроводнике

работе Н. Г. Басова, Б. М. Вула, Ю. М. Попова.

## СПОСОБЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ГЕНЕРАТОРА

А как перевести электроны в зону проводимости из валентной зоны? Для этого можно использовать несколько методов.

Один из них заключается в том, что к по-

лупроводнику подводится импульс электрического напряжения, которое, сообщая электронам достаточно большую скорость, «выбрасывает» их из валентной зоны в зону проводимости. Электроны приобретают в приложенном электрическом поле большую скорость и энергию, «расползаются» по многим энергетическим уровням, их энергия значительно больше тепловой. Поэтому после снятия напряжения необходимо некоторое время для того, чтобы электроны отдали избыточную энергию колебаниям атомных ядер в полупроводнике и собрались все в узкой энергетической полосе у границы зоны проводимости. Образно говоря, электроны должны «остыть». С другой стороны, электроны, не успев «остыть», могут снова перейти в валентную зону. В этом случае полупроводник, не достигнув порога генерации, «израсходует» все возбужденные электроны. Поэтому для получения генерации при помощи полупроводников нужно, чтобы время остывания электронов было меньше времени обратного перехода в валентную зону. Это второе, основное условие усиления и генерации устройств на полупроводниках.

Дальнейшие исследования показали, что большое число электронов, которое необходимо «перебросить» в зону проводимости, требует достаточно большой затраты энергии, которая частично приводит к нагреванию полупроводника. Нагревание препятствует концентрации электронов в узкой полосе вблизи края зоны проводимости, что наряду с другими эффектами представляет собой значительную трудность на пути реализации полупроводникового квантового генератора, использующего описанный принцип.

Н. Г. Басов, О. Н. Крохин и Ю. М. Попов установили, что если при переходах электронов из зоны проводимости в валентную зону излучается не только свет, но одновре-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1963, № 5, стр. 90—91.

менно возбуждаются колебания атомных ядер, образующих решетку кристалла, то в таких полупроводниках нет необходимости заполнять электронами все энергетические уровни вблизи края зоны проводимости. Это облегчает получение генерации, так как в зону проводимости нужно «забросить» меньшее количество электронов.

Эти же авторы доказали (1961 г.), что полупроводниковый квантовый генератор можно возбуждать постоянным током. Как известно, в природе существуют полупроводники двух типов. В одних носителями тока являются электроны — отрицательно заряженные частицы, в других — дырки, несущие положительный заряд<sup>1</sup>. Встречаясь с дырками, электроны исчезают или, как говорят, «рекомбинируют»; при этом излучается квант света.

Для реализации этой идеи необходимо иметь полупроводник, одна часть которого представляет собой кристалл с электронной проводимостью, а во второй носителями тока являются дырки. При этом оказывается, что число электронов в зоне проводимости одной части полупроводника и дырок в валентной зоне<sup>2</sup> другой части должно быть достаточно велико. Иначе испускание света не будет превалировать над поглощением и мы не получим режима генерации. Такие полупроводники, у которых в зоне проводимости находится большое число электронов или в валентной зоне большое число дырок, называются «вырожденными».

### СХЕМА ПРИБОРА

Итак, два вырожденных полупроводника с дырочной и электронной проводимостью соединяются вместе (рис. 2). На границе этих двух полупроводников образуется переходной слой небольшой толщины порядка нескольких десятков микрон, который называется  $p-n$  переходом<sup>3</sup>. Если к полупроводнику приложить напряжение такого знака, чтобы электроны и дырки начали двигаться навстречу друг другу, то они будут рекомбинировать в переходном  $p-n$  слое с испусканием света. Для работы полупроводникового

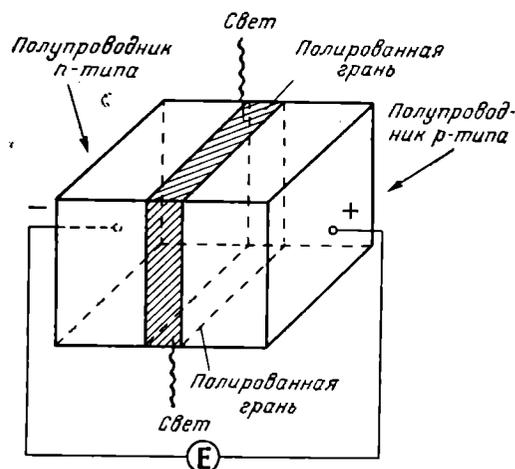


Рис. 2. Схема квантового генератора на  $p-n$  переходе в вырожденном полупроводнике. Заштрихована — рабочая область  $p-n$  перехода

квантового генератора необходимы зеркала, роль которых могут выполнять хорошо отполированные боковые поверхности полупроводника (см. рис. 2). Как показали дальнейшие события, именно идее квантового генератора на  $p-n$  переходе суждено было впервые воплотиться в действующем приборе.

В 1961 г. ленинградские ученые Д. Н. Наследов, С. Н. Рывкин, А. А. Рогачев и Б. В. Царенков экспериментально показали, что одним из наиболее перспективных материалов для создания полупроводникового квантового генератора на  $p-n$  переходе является полупроводник арсенид галлия.

Создание полупроводникового квантового генератора на  $p-n$  переходе в конце 1962 г. американской фирмой «Дженерал электрик» в США, в Физическом институте им. П. Н. Лебедева (СССР) и в других лабораториях мира было своего рода итогом первого этапа работ. Это внесло существенный вклад в развитие квантовой электроники оптического диапазона. Сотрудники Физического института им. П. Н. Лебедева чл.-корр. АН СССР Б. М. Вул, кандидаты физико-математических наук О. Н. Крохин, Ю. М. Попов, А. П. Шотов и Института физики полупроводников АН СССР доктор физико-математических наук Д. Н. Наследов, доктор физико-математических наук С. Н. Рывкин, А. А. Рогачев, Б. В. Царенков были удостоены Ленинской премии за 1964 г.

Полупроводниковый квантовый генера-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1963, № 10, стр. 12—17.

<sup>2</sup> Заметим, что валентная зона для дырок играет такую же роль, как зона проводимости для электронов. Изменение знака заряда носителей ведет как бы к тому, что энергетические зоны в полупроводнике меняются ролями.

<sup>3</sup> Название происходит от слов «positive» — положительный и «negative» — отрицательный.

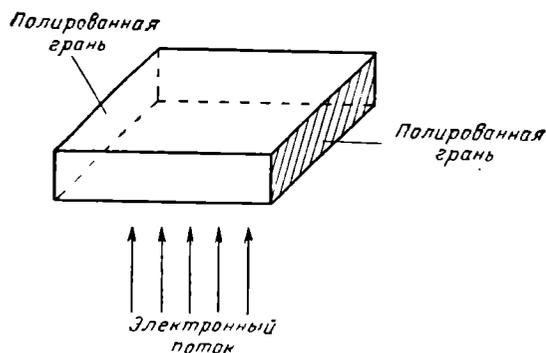


Рис. 3. Схема генератора с применением электронного потока

тор, использующий  $p-n$  переход, отличается от ранее созданных квантовых генераторов не только конструкцией и способом возбуждения. Как и ожидалось, использование новых принципов и нового вещества в квантовом генераторе привело к появлению целого ряда новых свойств у квантового генератора.

#### БОЛЬШОЙ К.П.Д. И МАЛЫЕ ГАБАРИТЫ

Как уже отмечалось, коэффициент полезного действия ранее созданных квантовых генераторов очень мал — он обычно не превышает 1%. Малый коэффициент полезного действия — одна из основных трудностей, мешающих широкому использованию квантовых генераторов светового диапазона, реализации их замечательных свойств.

Создание полупроводниковых квантовых генераторов на  $p-n$  переходе позволяет преодолеть эту трудность. В таких генераторах энергия постоянного тока непосредственно преобразуется в световую энергию с большим коэффициентом полезного действия. Для него не существует принципиальных ограничений — он может быть сколь угодно близок к 100%.

Полупроводниковые генераторы на  $p-n$  переходе весьма миниатюрны по сравнению с другими типами оптических генераторов: их размеры не превышают доли миллиметра. Миниатюрность полупроводниковых генераторов света дает возможность их использовать там, где необходимо сочетание большого количества элементов в небольшом объеме. К такого рода устройствам относятся, например, вычислительные машины.

Так как квантовые генераторы оптиче-

ского диапазона могут передавать большие объемы информации, то применение полупроводниковых генераторов в вычислительной технике открывает новые возможности повышения скорости счета вычислительных машин.

Метод получения электромагнитных колебаний в квантовом генераторе позволяет также усиливать проходящие электромагнитные волны и создать на этой основе эффективный приемник света. Реализация этой возможности при помощи кристаллов рубина или других люминесцентных кристаллов встречается со следующей трудностью: усиление света таким прибором тем больше, чем больше размеры кристалла рабочего вещества. Но природа так устроена, что с увеличением объема вещества возрастают шумы в усилителях, что ухудшает их качества как приемного устройства.

Полупроводники позволяют получать большие коэффициенты усиления при очень малых размерах самого усилителя и достигать высокой чувствительности приемного устройства.

#### ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СВЕТА В ПОСТОЯННЫЙ ТОК

При помощи полупроводников можно не только осуществлять прямое преобразование энергии постоянного тока в свет, но и преобразование света, излучаемого квантовым генератором, в энергию постоянного тока. Существенное отличие такого преобразователя от широко применяемых в настоящее время солнечных батарей состоит в том, что коэффициент преобразования может быть близким к 100%. Это дает в руки техники интересную возможность преобразования электрической энергии в свет, передачи ее на большие расстояния без проводов в виде световой волны и обратного преобразования света в электрическую энергию. Потери энергии в такого рода линии передачи могут быть сделаны очень малыми. Способ передачи энергии с помощью светового луча особенно эффективен в космосе, где нет потерь энергии света из-за рассеяния в атмосфере.

Этот перечень возможных применений полупроводникового квантового генератора на  $p-n$  переходе можно было бы расширить уже сейчас. Нет сомнения в том, что ученые и инженеры найдут еще много интересных применений этого замечательного по своим свойствам прибора.

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Не следует, однако, думать, что создание квантового генератора, использующего  $p-n$  переход, исчерпало возможности использования полупроводников в квантовой электронике. Еще в 1961 г. в Физическом институте им. П. Н. Лебедева Академии наук СССР была высказана идея о возможности использования электронного потока для возбуждения полупроводникового квантового генератора.

В начале 1964 г. такой генератор был создан в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР (Н. Г. Басов, О. В. Богданкевич и А. Г. Девятков). Схематическое устройство такого генератора показано на

рис. 3. Поток быстрых электронов бомбардирует полупроводниковый кристалл; в результате такой бомбардировки в кристалле образуются электроны в зоне проводимости и дырки в валентной зоне. Образовавшиеся электроны и дырки «рекомбинируют», излучая при этом свет. Излучение происходит наиболее интенсивно в направлении, перпендикулярном отполированным боковым граням кристалла.

Полупроводниковые квантовые генераторы, возбуждаемые быстрыми электронами, обладают рядом свойств, отличающих их от генераторов с использованием  $p-n$  переходов и расширяющих сферу возможных применений квантовых генераторов.

УДК 621.373.9



## ТРЕТЬЯ ЧЕХОСЛОВАЦКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ТЕКТИТАМ

6—7 июня 1964 г. в г. Чешский Крумлов (Южная Чехия) состоялась Третья конференция, посвященная исследованиям чешских и моравских молдавитов (влтавинов). Организаторы ее — Чехословацкое общество по минералогии и геологии ЧСАН и Чехословацкое астрономическое общество ЧСАН. В работе конференции приняли участие члены обоих обществ, сотрудники Центрального института геологии ЧССР и Национального музея в Праге, коллекционеры Южной Чехии и Западной Моравии. В качестве гостей присутствовали известные американские специалисты — проф. Г. Фаул и проф. Г. Е. Сыс.

Во вступительном докладе проф. Р. Рост рассказал о морфологии тектитов и о новых гипотезах их происхождения. Выступления проф. Г. Кюнта, А. Мразек и В. Боушка были посвящены

определению возраста влтавинов. Отмечено, что по-прежнему их возраст определяется между концом плиоцена и началом четвертичного периода. Большой интерес вызвало сообщение известного специалиста по тектитам К. Соукеника из Пржегорова (Моравия) о внутреннем напряжении в влтавинах, о котором до сих пор еще никто детально не докладывал. Другие выступления касались развития и значения самой большой коллекции тектитов в мире в Национальном музее в Праге (д-р К. Тучек), новых месторождений влтавинов в Южной Чехии (И. Прокопец) и геологической карты месторождения влтавинов в Южной Чехии (Г. Шкрав).

Очень интересные были доклады обоих гостей. Проф. Г. Фаул познакомил с исследованиями тектитов в США, остановился на происхождении и возрасте этих образований. Проф. Г. Е. Сыс рассказал

об изучении химического состава тектитов, содержании в них редких газов и о среднем химическом составе тектитов, который близок к среднему составу земной коры.

Многие участники конференции посетили месторождения влтавинов между городами Чешский Крумлов и Чешские Будейовице (Врабче, Коросеки), где нашли более 50 молдавитов.

Третья Чехословацкая конференция по тектитам позволила ее участникам познакомиться с самыми новыми данными о влтавинах, происхождение которых до сих пор не было достаточно убедительно объяснено.

В Чехословакии продолжают собирать все новые коллекции влтавинов — этого чрезвычайно интересного материала для дальнейших исследований.

Доктор Карел Тучек  
Национальный музей в Праге  
(Чехословакия)

# Антивещество и Вселенная

Н. А. Власов

Доктор физико-математических наук

## СИММЕТРИЧНА ЛИ МЕТАГАЛАКТИКА?

Открытие античастиц и исследования их свойств доказали симметрию основных законов физики относительно частиц и античастиц. Частицы и античастицы отличаются противоположными зарядами и магнитными моментами, но остальные основные

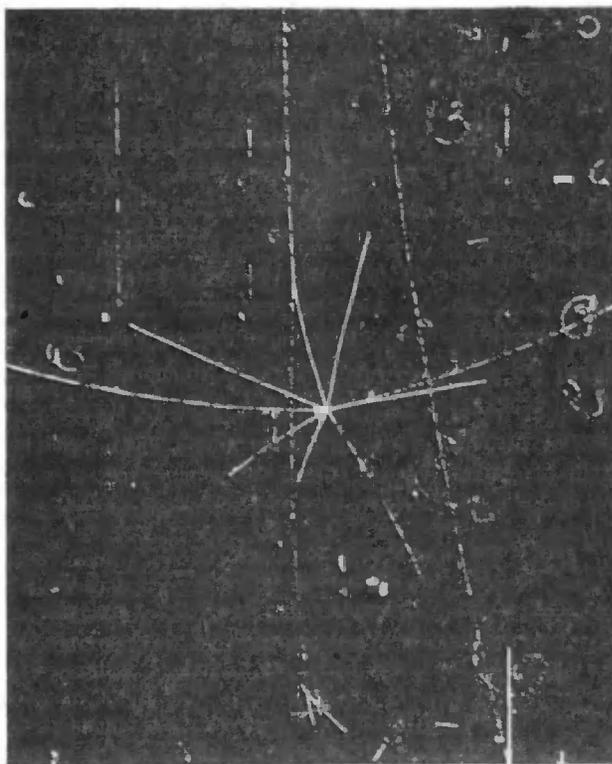


Рис. 1. Фотография случая аннигиляции антипротонов в жидкости пузырьковой камеры. Линии, расходящиеся из точки аннигиляции, являются следами  $\pi$ -мезонов и некоторых других частиц. Перед аннигиляцией антипротон, вошедший в камеру сверху, при столкновении с ядром создал  $\pi$ -мезон (тонкий след, идущий вниз), а сам изменил направление

их свойства — масса, спин, время жизни в вакууме — одинаковы. Частицы и античастицы могут создаваться или исчезать (аннигилировать), но обязательно парами (рис. 1). Одиночное рождение античастицы без частицы или частицы без античастицы противоречит одному из фундаментальных законов физики — закону сохранения зарядов, распространяющемуся на все известные до сих пор физические процессы.

Процессы рождения и аннигиляции пар частиц и античастиц приводят к превращению кинетической энергии одних частиц в энергию покоя других, или наоборот энергии покоя в кинетическую энергию. При этом количество частиц и античастиц не сохраняется постоянным. Следовательно, количество вещества, представленного частицами с отличной от нуля массой покоя, могло меняться с течением времени. Но в каких бы масштабах ни происходило это изменение количества вещества, оно всегда должно было сопровождаться равным изменением количества антивещества.

В связи с этим естественно возникает вопрос — не одинаково ли количество вещества и антивещества во Вселенной, т. е. не симметрична ли Вселенная относительно вещества и антивещества. Асимметрия в области солнечной системы очевидна, так как вещество солнечной системы состоит из частиц — протонов, нейтронов и электронов, но не из античастиц — антипротонов, антинейтронов и позитронов. Несомненно возможность существования антивещества, т. е. антиядер, антиатомов, антимолекул, антипланет, антизвезд и т. д. Но существует ли в действительности в природе антивещество в макроскопических масштабах, не является ли асимметрия солнечной системы местным явлением? На этот вопрос современная наука ответа еще не дает. Существуют мнения, что в пределах нашей Галактики так же как в пределах солнечной системы нет

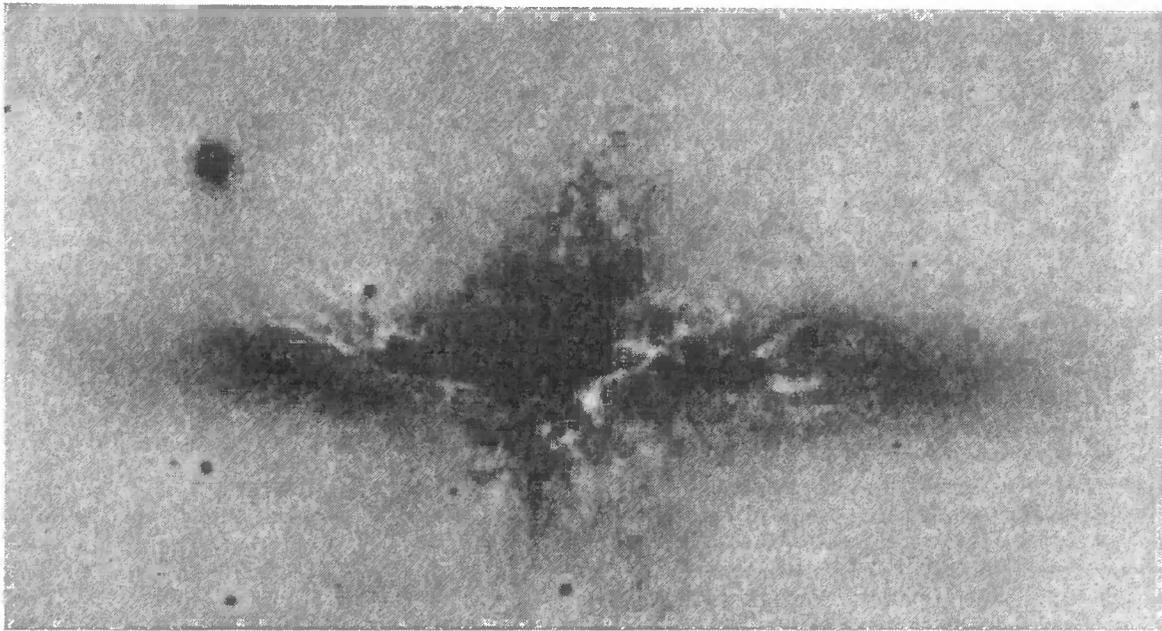


Рис. 2. Фотография галактики М82, в которой происходит очень интенсивный процесс выделения энергии. Расстояние до галактики порядка 10 млн. световых лет. Из центра галактики в направлении малой полуоси (вверх и вниз на фотографии) извергаются с очень большой скоростью около 2000 км/сек большие количества вещества, эквивалентные по массе приблизительно миллиону Солнца

симметрии относительно вещества и антивещества. Но при ближайшем рассмотрении эти мнения оказываются недостаточно основательными. Тем более не исключена возможность симметрии в масштабах Метагалактики.

А н н и г и л я ц и я вещества и антивещества представляет интерес как наиболее интенсивный энергетический процесс. В реакциях деления тяжелых ядер и термоядерных реакциях синтеза легких ядер только около 0,001 энергии покоя превращается в кинетическую энергию. В процессе аннигиляции энергия покоя практически целиком превращается в кинетическую энергию. Следовательно, относительное выделение энергии в процессе аннигиляции в сотни раз превосходит энерговыделение ядерных реакций.

Возможность технического использования аннигиляции как энергетического процесса пока настолько не ясна, что обсуждение ее не актуально. Но осуществление процессов аннигиляции в крупных масштабах во Вселенной вовсе не исключено. Астрофизике известно большое число различных объектов, характеризующихся огромным выделением энергии, источники которой еще не установ-

лены, а масштабы таковы, что известные ядерные реакции недостаточны для их объяснения. В условиях наиболее интенсивных взрывов, наблюдаемых во Вселенной (рис. 2), вполне возможны процессы рождения и аннигиляции вещества и антивещества. Поэтому проблема равноправного существования антивещества во Вселенной, т. е. симметрии вещества и антивещества — один из фундаментальных вопросов современной физики и астрофизики, заслуживающий внимательного рассмотрения. Она имеет также и философское значение.

#### КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Попытки рассмотреть возможности симметрии Вселенной относительно вещества и антивещества встретились с серьезными трудностями. Известно, что наблюдаемая в настоящее время область Вселенной — Метагалактика — расширяется. Доказательством этого служат наблюдения красного смещения спектральных линий далеких галактик. Очевидно, что когда-то Метагалактика

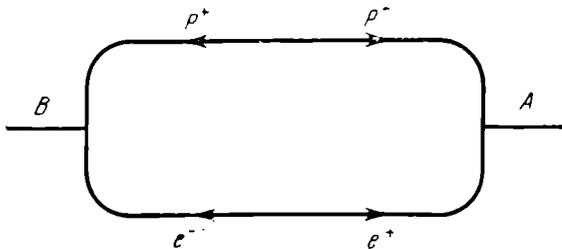


Рис. 3. Схема электромагнитного разделения вещества и антивещества по Альвену и Клейну

была в значительно более плотном состоянии, чем теперь. Если при современном состоянии Метагалактики сосуществование вещества и антивещества не приводит к большой вероятности аннигиляции, то в прошлом более плотном состоянии столкновения между частицами и античастицами были более вероятны, поэтому вещество и антивещество могли аннигилировать. Почему этот процесс аннигиляции закончился на стадии, приведшей к современному состоянию Метагалактики? Как произошло разделение вещества и антивещества и образование огромных однородных тел типа Солнца, состоящих из одних частиц, число которых порядка  $10^{57}$ ?

Ответить на эти вопросы не так просто. Дело в том, что неизвестны силы отталкивания между частицами и античастицами, способные устранить возможность аннигиляции и вызвать разделение вещества и антивещества.

Предположения о возможности антигравитации, т. е. гравитационного отталкивания античастиц от частиц были опровергнуты в результате анализа опытов Этвеша, которые с большой точностью доказывали эквивалентность инертной и тяжелой массы различных веществ. Оказалось, что инертная и гравитационная массы античастиц также эквивалентны, поэтому гравитационного отталкивания между веществом и антивеществом не существует.

Однако анализ возможных механизмов разделения вещества и антивещества не исчерпан, и положение этой проблемы далеко не безнадежно. Недавно Альвен и Клейн<sup>1</sup> высказали весьма интересные космологические идеи и указали один из возможных механизмов разделения. Суть этих идей в следующем. Предположим, что в некотором начальном состоянии симметричная Метагалактика

<sup>1</sup> См. *H. Alfvén, O. Klein, «Arkiv for Fisik», 1963, v. 23, p. 187.*

состоит из разреженной плазмы, в которой в одинаковых количествах содержатся стабильные частицы и античастицы, т. е. число антипротонов равно числу протонов, а число позитронов равно числу электронов (но не обязательно равно числу протонов). Электрически такая плазма в целом нейтральна, и гравитационные силы могут привести к ее сжатию. Увеличение плотности при сжатии будет усиливать интенсивность аннигиляции, поэтому по мере сжатия температура плазмы и давление в ней растут, сжатие прекращается, затем переходит в расширение, которое и наблюдается в современной Метагалактике.

Если в такой плазме существуют магнитные поля и неравномерная плотность, то возможно электромагнитное разделение вещества и антивещества. Под влиянием гравитационных сил могут создаваться условия неравномерной аннигиляции нуклонов и электронов, поэтому в одних областях пространства относительный избыток электронов будет больше, в других — меньше. Если на границе таких областей меняется поток связанного с ними магнитного поля, то в контуре, окружающем этот переменный поток, возникает электрический ток, в переносе которого участвуют все частицы. Принципиальная схема явления изображена на рис. 3. Направления движения в контуре таковы, что частицы ( $p^+$ ,  $e^-$ ) смещаются преимущественно в одну сторону — *B*, а античастицы ( $p^-$ ,  $e^+$ ) — в другую — *A*. Таким путем может возникнуть некоторое начальное разделение вещества и антивещества и образование однородных газовых облаков. Если эти облака связаны внутренними магнитными полями, то в дальнейшем они будут двигаться подобно медузам, меняющим форму, но не теряющим своей целостности. Столкновение однородных облаков может привести к их слиянию и укрупнению. При столкновении разнородных облаков на их границе из-за аннигиляции развивается высокое давление, приводящее к отталкиванию в результате выгорания очень малой доли вещества и антивещества.

Возможно, что этот механизм разделения не единственный и не главный, и дальнейший анализ плазменных явлений обнаружит другие. Но уже это соображение Альвена и Клейна обнаруживает возможность образования наблюдаемой Метагалактики в симметричном относительно вещества и антивещества состоянии. Приближенная оценка масштабов разделения показывает, что уже в преде-

лах нашей Галактики, возможно, существует одинаковое число звезд и антизвезд, межзвездный газ и антигаз и т. д. Иначе говоря, указанный механизм разделения мог привести к образованию тел и антител масштаба звезды, а не галактики, поэтому не исключена симметрия даже в пределах нашей Галактики.

### ОЦЕНКИ НАБЛЮДЕНИЙ

Оценку возможной распространенности антивещества в нашей Галактике делали известные астрофизики Бербидж и Хойл<sup>1</sup>. Если предположить, что в Галактике происходит процесс аннигиляции антипротонов и протонов, в результате которого в конечном счете образуются электроны и позитроны, то по плотности электронов можно найти плотность процессов аннигиляции. Она должна быть пропорциональна среднему значению произведения плотностей антипротонов и протонов  $p^- \cdot p^+$ . Можно ожидать, что средняя плотность энергии электронов и позитронов не превосходит средней суммарной плотности магнитной энергии, энергии космических лучей и энергии турбулентного движения межзвездного вещества. Из этого условия следует что  $p^- \cdot p^+ \leq 10^{-7} \text{ см}^{-3}$ .

Дальше, полагая среднее значение плотности протонов  $p^+ \approx 1$ , авторы делают вывод, что  $p^- \leq 10^{-7}$ , т. е., что антипротонов в Галактике очень мало. Но этот вывод нелогичен для симметричной Галактики. Если области, заполненные веществом и антивеществом, достаточно разделены в пространстве и смешение происходит за счет медленной диффузии или редких столкновений облаков газа и антигаза только на их границах, то среднее значение  $p^- \cdot p^+ \leq 10^{-7} \text{ см}^{-3}$  не исключает равенств  $p^- = p^+ = 1 \text{ см}^{-3}$ . Иначе говоря, если не предполагать заранее, что весь межзвездный газ, средняя плотность которого действительно порядка  $1 \text{ см}^{-3}$ , состоит из водорода, то оценка Бербиджа и Хойла не противоречит тому, что половина этого газа — антиводород. Радиоизлучение с длиной волны 21 см, по которому главным образом определяется распределение межзвездного водорода, может испускаться и антиводородом. По нему нельзя отличить водород от антиводорода.

Приблизительно такие же оценки распространенности антивещества в Галактике делались на основе результатов внеатмосфер-

ных наблюдений гамма-лучей, приходящих из космоса. Но они также основаны на предположении свободного прямолинейного движения античастиц, а не медленной диффузии, которая в симметричной Галактике более естественна.

Вывод об отсутствии заметных количеств антивещества в Галактике иногда делают также на основе того, что в составе первичных частиц космических лучей, не удалось обнаружить антиядра. Но имеющиеся наблюдения первичных космических лучей относятся к частицам сравнительно небольшой энергии. Галактическое происхождение таких частиц сомнительно.

Таким образом, известные результаты наблюдений в действительности не противоречат симметрии Галактики относительно вещества и антивещества. Возможность же симметрии в масштабах Метагалактики тем более не исключена. Положительное или отрицательное решение вопроса о симметрии — дело будущих исследований, развитие которых представляет несомненный интерес. Решающее значение имеет разработка экспериментальных методов обнаружения антивещества.

### МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ

Один из прямых методов обнаружения антизвезд — регистрация антинейтрино. Эта область исследований, уже получившая название нейтринной астрономии<sup>1</sup>, находится в начальной стадии. Принципиальная возможность нейтринной астрономии основана на том, что внутри звезд типа Солнца, т. е. большинства наблюдаемых звезд, идет процесс термоядерного сгорания водорода. В процессе сгорания происходит превращение протонов в нейтроны по схеме  $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ . Наряду с нейтроном  $n$  в каждом акте превращения образуется позитрон  $e^+$  и нейтрино  $\nu$ . Позитрон поглощается внутри звезды, а нейтрино, обладающее колоссальной проникающей способностью, излучается в пространство. Если существуют антизвезды, то в них должен происходить аналогичный цикл термоядерного сгорания антиводорода и превращение антипротонов  $\bar{p}$  по схеме  $\bar{p} \rightarrow \bar{n} + e^- + \bar{\nu}$ , т. е. в антинейтрон  $\bar{n}$ , электрон  $e^-$  и антинейтрино  $\bar{\nu}$ . Опытами, проведенными в лабораториях, доказано, что нейтрино и антинейтрино не одинаковы. Например, антинейтрино могут превращать

<sup>1</sup> См. G. R. Burbidge, F. Hoyle. Nuovo Cimento, 1956, v. 4, p. 558.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1960, № 8, стр. 99; 1963, № 6, стр. 8.

протон в нейтрон по реакции  $p + \bar{\nu} \rightarrow n + e^+$ , но не могут вызвать обратного превращения нейтрона в протон в реакции  $Cl^{37} + \bar{\nu} \rightarrow A^{37} + e^-$ . Наоборот, нейтрино не могут вызвать первого превращения, но вызывают второе. Следовательно, принципиально существует возможность отличить антинейтрино от нейтрино и различить излучающие их звезды и антисезды. Однако трудности нейтринной астрономии столь велики, что возможность их преодоления пока не представляется реальной. В настоящее время разрабатываются методы регистрации солнечных нейтрино. Успех их пока еще не очевиден, хотя интенсивность солнечных нейтрино приблизительно во столько же раз больше, чем звездных, во сколько раз солнечный день светлее безлунной ночи (т. е.  $\sim$  в  $10^{10}$  раз).

Второй прямой метод обнаружения антивещества — это наблюдение частиц космических лучей, так как в симметричной Галактике космические лучи должны в среднем наполовину состоять из античастиц. Но в магнитных полях солнечной системы и Галактики заряженные частицы и античастицы описывают сложные траектории относительно небольшого радиуса кривизны. Непосредственно из-за пределов солнечной системы на Землю могут прийти только частицы с энергией  $> 10^{13}$  эв, магнитная жесткость которых достаточна для преодоления полей солнечной системы. Частицы меньшей энергии хотя и могут продиффундировать к Земле, но при этом возможно изменение их первоначального состава, в частности уменьшение относительного содержания античастиц. Поэтому несомненно галактический состав имеют только наиболее энергичные частицы. Их относительное количество мало, так как спектр частиц космических лучей имеет вид  $N(E) = N_0 \cdot E^{-2.6}$ . Число частиц с энергией  $10^{13}$  эв в  $10^{10}$  раз меньше, чем с энергией  $10^9$  эв. С этим связаны трудности анализа частиц космических лучей. Если эти трудности будут преодолены, то анализ частиц космических лучей сможет дать представление об усредненном содержании антивещества в Галактике. Из-за искривления траекторий в магнитных полях наблюдения частиц, однако, не позволяют определить направление на их источник.

Регистрация электромагнитных излучений, к сожалению, не позволяет отличить антивещество от вещества, так как кванты и антикванты тождественны. В астрофизических обсерваториях есть спектрограммы света

многих звезд но, изучая их, нельзя доказать, что этот свет испущен звездой, а не антисездой.

Однако специфические электромагнитные излучения, отличные от излучения вещества и антивещества, возникают в областях пространства, где вещество и антивещество смешаны и где, следовательно, происходят процессы аннигиляции частиц и античастиц. Наблюдая эти излучения, можно надеяться обнаружить границы областей распространения антивещества и составить представление о содержании его в пространстве.

При аннигиляции антипротона с протоном образуются  $\pi$ -мезоны. На каждую аннигилирующую пару приходится в среднем около 5 мезонов. Около 1/3 от общего числа  $\pi$ -мезонов составляют нейтральные  $\pi^0$  мезоны, очень быстро ( $\tau \approx 10^{-16}$  сек.) распадающиеся на пары  $\gamma$ -квантов, средняя энергия которых около 190 Мэв, но разброс энергий довольно большой (50—500 Мэв). При аннигиляции позитрона с электроном образуются 2 или 3 кванта. При 2-квантовой аннигиляции энергия квантов близка к 0,51 Мэв, при 3-квантовой аннигиляции образуются кванты сплошного спектра, т. е. с любой энергией от 0 до 0,51 Мэв.

Исследования этих аннигиляционных гамма-лучей позволяют обнаружить области аннигиляции и даже определить их координаты, если регистрируется направление квантов. Такое изучение необходимо проводить за пределами атмосферы Земли при помощи спутников и подобных им устройств, так как в атмосфере гамма-кванты быстро поглощаются. В последние годы методы регистрации гамма-лучей, получившие общее название гамма-астрономии, разрабатывались в различных лабораториях (рис. 4). Полученные результаты показывают, что усредненная по направлениям интенсивность процессов аннигиляции в Галактике не превышает предела, установленного Бербиджем и Хойлом. В некоторых направлениях отмечается повышенный поток гамма-квантов, но угол видимости применявшихся гамма-телескопов очень большой ( $\approx 30^\circ$ ). По-видимому, разработка методов гамма-астрономии, в частности усовершенствование гамма-телескопов, в будущем даст более определенные и весьма интересные результаты. Помимо несовершенства существующих гамма-телескопов трудности этих наблюдений связаны с необходимостью внеатмосферных экспозиций.

До сих пор практически не использовалась и не обсуждалась возможность наблюдения областей аннигиляции при помощи наземных астрономических телескопов. Но такая возможность существует. Она связана с тем, что перед аннигиляцией антипротон и протон образуют водородоподобный атом — протоний, а позитрон и электрон аналогичный атом — позитроний. Оба эти атома образуются в возбужденных состояниях и перед аннигиляцией излучают кванты видимого и инфракрасного света, спектр которого состоит из многих линий. Для значительной части этих спектральных линий атмосфера достаточно прозрачна, поэтому они могут регистрироваться при помощи оптических спектрометров, существующих в астрофизических обсерваториях. Строгая направленность астрономических телескопов полезна для обнаружения возможных локальных источников и определения их координат.

Число оптических квантов, испускаемых протонием и позитронием, того же порядка, что и число аннигиляционных гамма-квантов. Пределы интенсивностей потоков, найденные методами гамма-астрономии, показывают, что поток оптических квантов протония и позитрония довольно слабый и регистрация их требует использования методов счета отдельных квантов. Эта техника в современной оптической спектрометрии используется довольно широко. Можно поэтому ожидать, что оптический метод наблюдения областей аннигиляции окажется одним из наиболее эффективных методов поисков антивещества во Вселенной и разработка его представляет одну из наиболее волнующих задач астрофизики.

\* \* \*

Современное состояние физических и астрофизических исследований выдвигает фундаментальный вопрос о симметрии Вселенной относительно вещества и антивещества, но пока не дает на него ни отрицательного, ни положительного ответа. Существующие сомнения в возможности симметрии недостаточно основательны. Космологические трудности построения симметричной Вселенной не являются неразрешимыми. Анализ явлений, происходящих в симметричной плазме, начатый в работе Альвена и Клейна, намечает пути разрешения этих трудностей и дальнейшее развитие подобного анализа представляет большой интерес. Имеющиеся наблюдательные данные недостаточны для опровержения симметрии даже в пределах нашей

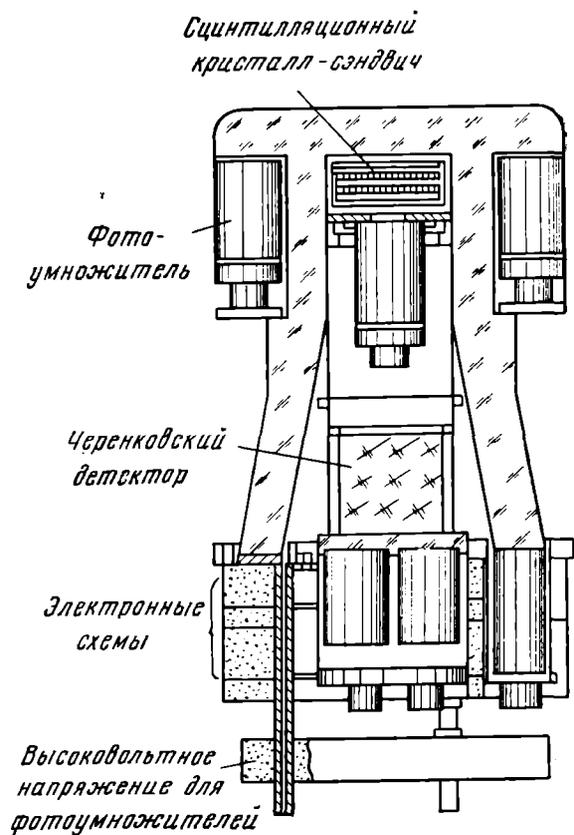


Рис. 4. Схема гамма-телескопа, установленного на американском спутнике, для регистрации гамма-квантов с энергией  $>50 \text{ Мэв}$ . Основные элементы телескопа: сцинтилляционный кристалл-сэндвич, в котором гамма-кванты образуют электроны и позитроны, и черенковский счетчик, регистрирующий их. Окружающий телескоп пластиковый сцинтиллятор с помощью схемы антисовпадений используется для исключения регистрации заряженных частиц

Галактики и тем более в пределах Метагалактики. Поэтому большое значение имеет разработка экспериментальных методов обнаружения антивещества, в частности наиболее эффективных методов гамма-астрономии и оптической астрофизики.

Таким образом, вопреки сложившемуся мнению, изучение процесса аннигиляции как одной из возможных причин некоторых наблюдаемых, но не нашедших пока объяснения астрономических явлений, не лишено смысла. Наряду с прямыми наблюдениями оно может помочь решить сложную, но очень интересную космологическую проблему: симметрична ли Вселенная относительно вещества и антивещества.

УДК 523.15

# ПОЛЯРОГРАФИЯ И СОВРЕМЕННАЯ НАУКА

*Я. П. Страдынъ*

*Кандидат химических наук  
Институт органического синтеза Академии  
наук Латвийской ССР (Рига)*



Ярослав Гейровский

*Когда Ярослав Гейровский, молодой чешский ученый, в 1922 г. стал замерять силу тока, проходящего через ячейку во время электролиза на ртутной капле, он был далек от мысли о крупном научном открытии и не предвидел последствий осевшей его идеи. Просто его утомляли трудоемкие и не всегда воспроизводимые измерения электрокапиллярных кривых путем взвешивания капель, и он решил несколько рационализировать методику своей работы. Между тем именно таким путем были получены первые полярограммы, кривые «сила тока—напряжение», и открыт принцип нового метода. Открытие ученого послужило началом длинного ряда поисков, увенчавших самого Гейровского Нобелевской премией по химии за 1959 г. и позволивших полярографии завоевать лаборатории всего мира.*

## «ЧЕШСКИЙ МЕТОД»

**П**олярографию часто называют «чешским методом», справедливо подчеркивая заслуги школы Гейровского в его создании. Я. Гейровский был не только первооткрывателем принципа; он посвятил всю свою жизнь развитию, выявлению возможностей и пропаганде метода.

Вначале полярография развивалась почти исключительно в Праге, благодаря усилиям чешских исследователей; да и сейчас одним из центров мировой полярографии является организованный в 1950 г. Полярографический институт Чехословацкой Академии наук, возглавлявшийся до 1964 г. акад. Я. Гейровским. Но не следует умалять и роль исследователей в других странах —

Италии, Германии, Польше, Японии, Франции, Австралии, Англии, США, СССР. Школой советских электрохимиков во главе с акад. А. Н. Фрумкиным создана теория полярографических максимумов (Т. А. Крюкова), выведено первое уравнение необратимой полярографической волны (Н. Мейман), разработаны амальгамная полярография (А. Г. Стромберг, М. Т. Козловский), полярография на твердых электродах (Ю. К. Делимарский, Ю. С. Ляликов), амперметрическое титрование (О. А. Сонгина), даны новые положения в области кинетических и каталитических эффектов полярографии (С. Г. Майрановский) и др.

Мировая библиография в области полярографии уже насчитывает свыше 10 тыс. публикаций и ежегодно пополняется большим чи-

слом новых работ. Молодая наука нашла широкое применение в разнообразных теоретических исследованиях и контроле производственных процессов, но ее развитие еще далеко не завершено и возможности выявления не полностью. Ведь мировое признание метод получил только в послевоенные годы, что дает право назвать его молодым, несмотря на более чем сорокалетнюю давность открытия принципа.

Полярографическое измерение — это проведение в специальных условиях электролитического восстановления<sup>1</sup>. В отличие от препаративного электролиза при полярографии электровосстановлению подвергается не вся масса раствора, а лишь ничтожная его часть.

Как известно, электролитическое восстановление заключается в том, что на отрицательном электроде (катоде) происходит передача электронов восстанавливаемому веществу. В полярографии катодом служит электрод особого рода — отрицательно заряженные ртутные капли, которые и передают накопившиеся на них электроны восстанавливаемому веществу: последнее в полярографии принято называть деполяризатором.

В процессе полярографирования получают кривые зависимости силы тока, проходящего через раствор, от приложенного к электродам напряжения. Типичный вид такой кривой (полярограммы) показан на рис. 1. Пока наложенный на капельный ртутный электрод потенциал невысок, через раствор протекает лишь ничтожный, почти не зависящий от напряжения ток (остаточный ток). Когда напряжение достигает потенциала разложения деполяризатора (точка *A*), сила тока начинает возрастать по мере роста приложенного напряжения, поскольку находящиеся на капельном ртутном катоде электроны начинают расходоваться для восстановления деполяризатора. При определенном напряжении (точка *B*) ток достигает предельного значения и более уже не возрастает (предельный ток). Из полярограммы определяются две характерные величины. Первая — потенциал полуволны (точка *B*), зависящий от природы деполяризатора, т. е. характеризующий окислительно-восстановительные

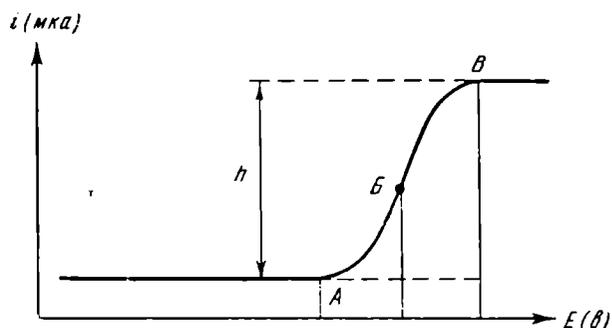


Рис. 1. Схема полярографической волны. *A* — потенциал выделения деполяризатора; *B* — потенциал полуволны (качественная характеристика деполяризатора); *B* — потенциал выделения индифферентного электролита («полярографического фона»); *h* — высота полярографической волны (сила диффузионного тока), количественная характеристика деполяризатора

свойства деполяризатора — иона или молекулы. Потенциал полуволны, отнесенный к определенным условиям, может служить такой же константой, характерной для вещества, как и любая другая его константа, например, точка плавления или температура кипения, максимумы поглощения в ультрафиолетовом или инфракрасном спектре, дипольный момент и др. Вторая получаемая из полярограммы величина — это высота волны (значение предельного тока), которая пропорциональна концентрации деполяризатора. Она может быть использована для количественного полярографического анализа.

Пропорциональность силы тока и концентрации деполяризатора можно легко понять, если иметь в виду, что полярограммы получают в условиях, когда исключено перемешивание раствора или передвижение ионов деполяризатора под действием электрического поля (последнее практически исключается прибавлением избытка индифферентного электролита — созданием «фона»). В этих условиях электровосстановлению подвергаются только те частицы деполяризатора, которые находятся вблизи поверхности ртутной капли или приближаются к ней в результате диффузии. Очевидно, что количество таких частиц пропорционально их концентрации в растворе. Соответственно пропорционально концентрации количество расходуемых на восстановление этих частиц электронов, а значит, и сила тока. Все сказанное, естественно, будет иметь силу только в том случае, если потенциал электрода достаточно высок для того, чтобы успели раз-

<sup>1</sup> При помощи полярографии может быть изучено и электролитическое окисление (анодная полярография), однако этот случай имеет несравненно меньшее значение, поэтому в дальнейшем речь будет идти почти исключительно о восстановлении.

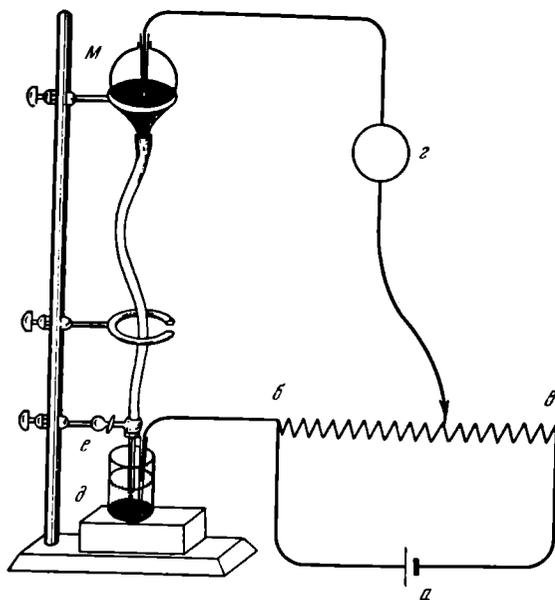


Рис. 2. Принципиальная схема простейшей полярографической установки; *a* — аккумуляторная батарея; *b*, *c* — реохорд; *z* — микроамперметр; *d* — анод (неполяризующийся электрод); *e* — катод (капельный ртутный электрод); *M* — резервуар ртути

рядиться все прибывающие в приэлектродный слой частицы деполаризатора (т. е. напряжение равно или больше обозначенного точкой *B* на рис. 1).

Для полярографии не требуется сложной аппаратуры. Хотя в последнее время в различных странах появились полярографы электронного типа, а также новые разновидности осциллографической и переменноточной полярографии, многое еще можно решить на простом фоторегистрирующем полярографе, предложенном Я. Гейровским и М. Шикатой в 1925 г. (рис. 2).

Одно из крупных достоинств полярографии обусловлено выбором электродного материала. Постоянно обновляющаяся поверхность ртути позволяет избежать накопления продуктов реакции, хорошо стандартизировать экспериментальные условия и получать замечательную воспроизводимость результатов. Процесс на поляризуемом микроэлектроде поддается четкому, подчас (но далеко не всегда) простому математическому описанию. К тому же высокое перенапряжение водорода на ртути позволяет изучать электровосстановление разнообразных деполаризаторов — как неорганических ионов металла, так и сложных органических молекул —

в воде и других полярных растворителях (спиртах, ледяной уксусной или серной кислоте, жидком аммиаке, диоксане, диметилформамиде и т. д.) до потенциалов — 2,8 в. Что касается электроокисления, то здесь возможности полярографии на ртутном электроде ограничены из-за анодного растворения ртути (при +0,6 в относительно насыщенного каломельного электрода). Для изучения анодных процессов были предложены твердые (платиновые, золотые, палладиевые, алюминиевые) электроды, но они до сих пор не дали удовлетворительной воспроизводимости результатов. Я. Гейровский, например, даже не относит определения на этих электродах к сфере полярографии. Для изучения электроокисления недавно предложены многообещающие электроды из карбида бора и графитовой пасты (Р. Адамс и др.).

#### УДОБСТВО И ВЫСОКАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Полярографию можно применять для качественного анализа неорганических ионов и органических молекул; делались даже попытки разработать систематический ход функционального анализа органических соединений, поскольку по характерным потенциалам полуволны можно качественно идентифицировать присутствие того или иного деполаризатора. Так, для формальдегида в определенных условиях (сильнощелочная среда) характерен потенциал полуволны — 1,8 в, для других алифатических альдегидов — 2,0 в, а насыщенные кетоны вообще не подвергаются в этих условиях полярографическому восстановлению. Это дает возможность количественно определять формальдегид в присутствии других альдегидов, альдегиды в присутствии кетонов. Но полярография имеет незначительную «разрешающую силу», так как в диапазоне протяженностью 3 в (от +0,6 до —2,8 в относительно насыщенного каломельного электрода) уменьшаются потенциалы восстановления всех деполаризаторов. Поэтому в качественном анализе полярография уступает спектроскопическим методам.

В количественном же анализе полярография не только не уступает, но даже превосходит спектральные методы. Классическая полярография позволяет определить концентрацию деполаризатора в растворе (порою и в смесях весьма сложного состава без предварительного выделения) порядка  $10^{-4}$ — $10^{-5}$  моль/л, иногда до  $10^{-6}$  моль/л. Дальнейшему повышению чувствительности мешает

проявление так называемых емкостных токов, но в новых разновидностях переменноточной полярографии (квадратно-волновая по Баркеру, векторполярграфия) путем устранения емкостной составляющей тока удается повысить чувствительность определения до  $10^{-8}$  моль/л. Точность определения составляет  $\pm 2-3\%$ , а при серийных анализах — до  $\pm 0,5-1\%$ . Для полярографии требуется мало раствора — обыкновенно 1–2 мл, а минимально, в особых сосудах, до 0,005 мл, что соответствует  $5 \cdot 10^{-11}$  г деполаризатора. Съемка полярографической кривой занимает не более 3–5 минут.

Ранее всего достоинства полярографии были оценены в металлургии при серийных анализах сплавов и руд. Некоторое, правда ограниченное, применение она нашла в минералогии, геологии и археологии для анализа горных пород, вод и минералов. Метод позволяет определить около 40 химических элементов и для тяжелых металлов более чувствителен, нежели спектроскопия. Так, при помощи полярографии недавно была изучена бронзовая посуда этрусков и установлена технология ее изготовления.

Можно значительно повысить чувствительность анализа металлов, если, как это предлагает польский ученый В. Кемула (1958 г.), применить стационарный микроэлектрод — висящую ртутную каплю. Осуществляя сначала предэлектродлиз раствора, при котором изучаемые ионы металлов накапливаются в ртутной капле в виде амальгамы, а затем уже полярографируя не раствор, а саму ртутную каплю, можно повысить чувствительность определения до  $10^{-7}$ – $10^{-9}$  моль/л и даже  $10^{-10}$  моль/л (рис. 3). Такой метод используется для обнаружения ультрамикропримесей разнообразных металлов, образующих амальгамы (Cu, Pb, Bi, Sb, In, Zn, Mn и др.), для определения чистоты металлов, полупроводниковых материалов, чистейших химических реактивов. Полярграфия нашла свое место вслед за металлургией, в фармацевтической, пищевой, а также во многих отраслях химической промышленности — нефтехимии, производстве инсекти-

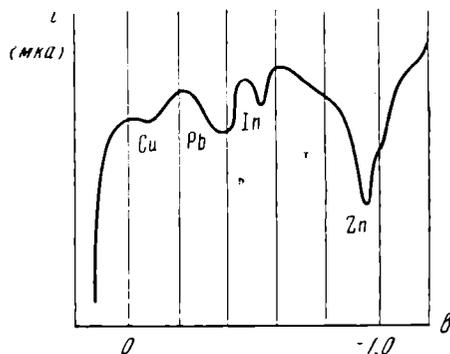


Рис. 3. Кривая анодного выделения металлов из стационарной ртутной капли после проведенного предэлектродлиза анализируемого раствора

цидов, взрывчатых веществ, фотоматериалов, резины и т. д.

В бензине удается определить содержание тетраэтилсвинца, добавляемого в качестве антидетонатора. При выработке инсектицидного препарата гексахлорана полярографический контроль особенно удобен из-за того, что волну на полярограмме дает только так называемый гамма-гексахлорциклогексан, именно тот изомер, который и обладает инсектицидным действием. Поддаются поля-

рографическому определению многие ускорители вулканизации, применяемые в резиновой промышленности. В производстве полимерных изделий полярографию применяют прежде всего для определения мономеров и катализаторов полимеризации, а в некоторых случаях — для определения самих полимеров; интересные методики в этой области разработаны В. Д. Безуглым в Харькове.

В фармацевтической промышленности полярография применяется для анализа разнообразных лекарственных препаратов; в Чехословакии и ряде других стран полярографические методики включены даже в фармакопею. Посредством этого метода часто удается проследить за изменением лекарственного вещества в организме, определить его концентрацию в крови, других тканях организма и моче. Так, в Институте органического синтеза АН Латвийской ССР в течение ряда лет успешно изучаются препараты нитрофуранового ряда, внедряемые в медицину и сельское хозяйство (фуразолидон, фурацилин, фурадонин и др.). В частности, на основе полярографических измерений была выявлена высокая концентрация фурагина (фуразидина) в моче, и этот препарат, имевший первоначально иное назначение, был предложен в качестве потенциального средства лечения неспецифических урологических инфекций. Клинические испытания подтвердили это предположение, сейчас препарат внедряется в практику как одно из наиболее перспективных средств в урологии.

Исключительны перспективы полярографических методик в токсикологии и профессиональной гигиене при определении вред-

ных загрязнений воздуха и отравлений организма. В ряде стран Европы эти методы уже широко применяются при их помощи удается обнаружить ничтожные следы (0,02—0,03 мг %) даже полярографически неактивного вещества — бензола и его гомологов.

Следует, однако, отметить, что практическое использование полярографии еще далеко не соответствует богатым возможностям метода. Это обусловлено отчасти тем, что применение ее требует тщательной подготовки; ее нельзя применить «сходу», а лишь после разработки конкретной методики для решения определенной задачи. Поэтому преимущество полярографии проявляются лишь при серийных анализах. Кроме того, этот метод не всегда позволяет различить близкие по строению вещества. Последний недостаток можно устранить комбинацией полярографии с распределительной хроматографией, что осуществлено, например, в предложенной недавно В. Кемулой хроматополярографии для анализа сложных смесей изомеров.

#### КИНЕТИКА СВЕРХБЫСТРЫХ РЕАКЦИЙ

В последние годы полярография стала важным микроаналитическим методом прослеживания кинетики гомогенных химических реакций в растворе. Классическая полярография здесь применима при условии, если полярографически активны либо исходные вещества, либо продукты реакции, причем реакция не слишком быстра (время полупревращения  $\tau_{1/2}$  от 15 сек. до 30 мин.). Если установить потенциал на уровне предельного тока и регистрировать его убывание со временем, то можно проследить за изменением концентрации и тем самым получить исходные данные, чтобы определить порядок и константу скорости реакции, а также вычислить энергию активации. Поскольку не требуется брать пробы, выделять компоненты в чистом виде, то вещество практически не расходуется, что очень важно, если иметь дело с малым количеством редкого вещества. Этим обусловлено широкое применение полярографии в изучении разнообразных реакций синтеза, гидролиза, разложения, изомеризации и т. д.

Более быстрый способ регистрации по сравнению с классической полярографией достигается, например, путем снятия так называемых  $i-t$  кривых на отдельной ртутной капле, или при помощи осциллографической полярографии; в этих случаях

возможно изучение реакций, скорость которых доходит до  $\tau_{1/2} = 0,01$  сек. Но и это не предел.

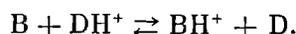
Дальнейшую помощь в этом направлении оказывают кинетические токи. Если находящееся в растворе вещество А само по себе полярографически не активно, но в приэлектродном слое претерпевает быстрое химическое превращение в активную форму В, то сила тока на полярограмме определяется уже не скоростью диффузии вещества А, а скоростью химической

реакции  $A \xrightarrow{k} B$ . Токи такого рода, названные кинетическими, были открыты К. Визнером в 1943 г. Пример кинетического тока — волны восстановления анионов некоторых органических кислот, где анионы А' полярографически неактивны и сила тока определяется скоростью их превращения в активные молекулы кислоты НА:  $H^+ + A' \rightarrow HA$ .

Чешский академик Р. Брдишка вывел уравнения для расчета констант скорости подобных предшествующих электродному процессу химических реакций из параметров кинетической волны. В результате стали возможны расчеты скорости быстрых и сверхбыстрых химических реакций (константы скорости порядка  $10^{-7}—10^{-11}$  сек<sup>-1</sup>), к числу которых относятся протолитические реакции, некоторые реакции гидратации, превращения сахаров. Наряду с другими современными методами (релаксационные измерения, тушение флуоресценции, измерения ядерного магнитного резонанса и др.), полярография заняла важное место в изучении сверхбыстрых процессов и, в частности, реакций протонизации. Правда, не всегда константы скорости протонизации, полученные из полярографических данных, соответствуют истинным их значениям, так как исследователи не учитывали возможность протекания реакции не только в определенном реакционном слое вблизи электрода, но и на самой поверхности электрода с участием адсорбированных частиц, где условия протекания протонизации иные. С. Г. Майрановский дал критерии разграничения объемной реакции протонизации от поверхностной протонизации и тем самым создал надежную основу для определения истинной скорости сверхбыстрых реакций по полярографическим данным.

К кинетическим примыкают и каталитические волны водорода. Под последними в полярографии понимают такие процессы восстановления, в результате которых выделя-

ется водород, причем выделение водорода происходит лишь в присутствии определенных веществ — катализаторов, регенерирующихся в ходе реакции. Катализаторами, облегчающими электрохимический разряд водородных ионов, служат вещества, способные существовать в двух формах — кислотной  $\text{BH}^+$  и основной В:



Примерами таких соединений с неподеленной парой электронов у атомов азота, серы, кислорода, фосфора, могут служить, например, пиридин, анабазин, хинин и различные алкалоиды.

При избытке доноров протонов высота каталитической волны водорода пропорциональна концентрации катализатора. Она выше обыкновенной диффузионной волны в несколько сот раз. Таким образом, на обыкновенной полярографической аппаратуре удается повысить чувствительность некоторых определений до  $10^{-7}$  моль/л, т. е. на 2—3 порядка по сравнению с использованием диффузионных токов. В то же время каталитические волны позволяют решить интересные теоретические вопросы, например, произвести расчет скорости протонизации азот- и кислородсодержащих гетероциклов и подойти к проблеме их биохимического действия.

Весьма интересными оказались каталитические волны производных, содержащих сульфгидрильную группу. Так как благодаря присутствию цистеина или цистина эту группу содержат и белковые вещества, то и последние при комплексообразовании с ионами кобальта в  $\text{NH}_4\text{Cl} - \text{NH}_3$  буферах дают выраженную каталитическую волну, по высоте которой можно определить общее содержание белка и число сульфгидрильных групп. Оказывается, это важно не только для анализа, но и для медицинской диагностики. Сульфгидрильные группы обладают различной ферментной активностью в нормальных и раковых клетках, вследствие чего сыворотка раковых больных дает более высокую каталитическую волну, нежели нормальная (рис. 4). Эта реакция, открытая Р. Брдичкой еще до войны, оказалась действенной при раковых процессах в 90% изученных случаев, причем 10% неудач относилось главным образом к неметастатическим опухолям кожи. К сожалению, реакция Брдички неспецифична, она положительна при различных

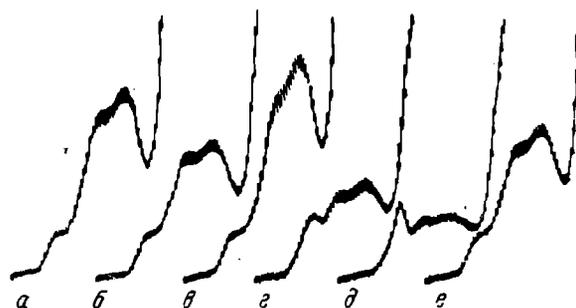


Рис. 4. Протеиновые каталитические волны сыворотки крови при различных патологических состояниях: а — воспалительный процесс; б — рак печени; в — рак желудка; г — нормальная сыворотка; д — гепатит; е — артериосклероз

воспалительных процессах; для диагностики опухоли требуется длительное клиническое наблюдение и повторные пробы, что снижает эффективность метода. Если же опухоль определена, то реакция Брдички может служить для контроля развития метастаз и проверки результатов лечения. Поэтому после первого разочарования теперь интерес к этой реакции снова возрос; ее применение особо эффективно при изучении заболевания в динамике. К тому же эта реакция применима для диагностики гепатита, при котором всегда наблюдается уменьшение каталитической волны.

Отметим, наконец, метод фотополярографии, предложенный недавно ученым ГДР Г. Бергом для количественного изучения и выяснения механизма фотосенсиблизованных реакций. Облучение ультрафиолетовым светом кварцевой электролитической ячейки позволяет изучить течение фотохимической реакции и идентифицировать первичные продукты фотореакции, что служит дополнением к данным электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и абсорбционной спектроскопии.

#### ПОЛЯРОГРАФИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ряде случаев полярография дает ценную информацию о ходе электродного процесса, позволяет выяснить его механизм, учесть предшествующие переносу электрона и последующие химические реакции. Для обратимых электродных реакций полярографические измерения представляют удобный путь определения окислительно-восстановительных потенциалов и дальнейшего рас-

чета разнообразных термодинамических функций. Для необратимых же электродных процессов могут быть вычислены константы скорости электродных реакций и коэффициенты переноса. Я. Коутецкий (ЧССР), П. Делахей (США) и др. дали ряд теоретических уравнений для расчета электродных процессов, которые затем были проверены экспериментально.

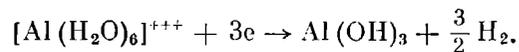
В последнее время значительное внимание уделяется влиянию двойного электрического слоя на механизм и кинетику электродного процесса, влиянию адсорбции полярографически активных веществ и других компонентов смеси. Эта область исследования, относящаяся к электрохимической кинетике, довольно сложна. Но развитие полярографии в этом направлении поможет решению фундаментальных проблем электрохимии и откроет новые возможности анализа микропримесей поверхностно-активных веществ (пики адсорбции — десорбции или тензаметрические волны, по Брейеру).

Посредством полярографии определяется растворимость твердых, жидких и газообразных веществ, в том числе и весьма труднорастворимых соединений, вроде  $\text{BaSO}_4$ ; определяется скорость диффузии и ее изменение с температурой; устанавливаются коэффициенты распределения; может быть проверена адсорбционная способность активированного угля (по гашению полярографических максимумов) и т. д.

Серия работ посвящена расчету констант нестойкости комплексных соединений по «сдвигу» полярографического потенциала полуволны. Связанные в комплексах ионы металлов характеризуются иными потенциалами полуволны, чем «свободные» ионы металла. «Сдвиг» полярографического потенциала полуволны при комплексообразовании определенным образом связан с валентностью иона, константой нестойкости комплекса, координационным числом и концентрацией комплексообразователя. Таким образом можно изучать процесс комплексообразования, в частности определять константы нестойкости комплексных соединений.

Это важно при поисках новых аналитических реагентов — комплексообразователей, предназначенных для определения различных катионов. Следует, однако, отметить, что расчетная формула пригодна лишь для обратимых полярографических волн. Между тем обратимость при полярографическом восстановлении даже простых ионов металлов

встречается далеко не так часто, как это полагалось ранее. Было показано (М. Гейровский, Я. Страдынь и Л. Лепинь), что полярографическое восстановление многозарядных катионов с малым ионным радиусом ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Th}^{4+}$ ,  $\text{Zr}^{4+}$ ,  $\text{V}^{2+}$ ,  $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{Gd}^{3+}$  и др.) необратимо и заключается не в восстановлении катиона до металла, а в разряде водорода из аквакомплексной оболочки иона, например:



Это обстоятельство открывает новые возможности изучения гидратации и аквакомплексов. Интересным выводом из полярографических данных явилось открытие комплексов с необычным валентным состоянием центрального атома. Так, А. Влчеку удалось показать, что в трипиридиловом комплексе трехвалентный хром  $\text{Cr}^{\text{III}}$  может быть последовательно восстановлен до  $\text{Cr}^{\text{II}}$ ,  $\text{Cr}^{\text{I}}$  и  $\text{Cr}^0$  — единственный случай трех последовательных присоединений электрона к трехвалентному катиону в электрохимии. На основе полярографических данных было осуществлено препаративное выделение дипиридилового комплекса одновалентного кобальта.

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛЯРОГРАФИИ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Об огромных возможностях полярографии для количественного анализа и изучения кинетики органических соединений уже говорилось. Но это возможности эмпирические: они основаны на измерении высоты полярографической волны определенного соединения или регистрации ее изменения со временем. Углубленное изучение характера полярографической кривой открывает новые перспективы в изучении строения и реакционной способности органических соединений.

Некоторая взаимосвязь между потенциалом полярографической волны и строением органического деполаризатора была найдена еще в 30-е годы. Оказалось, что увеличение сопряжения в молекуле, как и введение электронноакцепторных заместителей, облегчает восстановление полярографически активных групп, таких, как  $\text{>C=O}$ ,  $-\text{NO}_2$ ,  $-\text{NO}$ ,  $\text{>C=N-}$ ,  $\text{>C=S}$ ,  $-\text{N=N-}$ ,  $-\text{S-S-}$  и др. Но количественная оцен-

ка этого влияния была дана лишь в последнее десятилетие, благодаря сопоставлению с квантовомеханическими расчетами или линейными корреляционными уравнениями зависимости изменения свободной энергии, типа уравнения Гаммета или Тафта. Полярнографические данные использованы в трудах химиков-теоретиков А. Пульмана, Д. М. Коулсона, Г. И. Хойтингка и др., так как простейший механизм полярнографического восстановления — присоединение электрона — поддается квантовомеханическим расчетам и полярнографические потенциалы могут быть использованы для проверки правильности этих вычислений.

Применение уравнений Гаммета и Тафта в полярнографии чешским ученым П. Зуманом позволило, в свою очередь, по «сдвигу» потенциала полуволны количественно рассчитать влияние заместителей на реакционную способность полярнографически активных функциональных групп, вычислить полярный, пространственный и мезомерный эффект для конкретных случаев, т. е. использовать полярнографию для изучения реакционной способности органических соединений. В то же время это позволяет предугадать приближенные значения потенциалов полуволны еще не изученных производных, предположить характер процесса и подобрать оптимальные экспериментальные условия для аналитического определения того или иного органического соединения.

Следует оговориться, что здесь еще много нерешенного: еще не выявлена взаимосвязь между строением молекул и специфическими электрохимическими факторами, такими как строение двойного электрического слоя, кинетика переноса электрона, адсорбция электроактивных молекул или продуктов реакции на электроде и т. д. Несомненно, однако, что корреляционные уравнения соблюдаются и в полярнографии, а это дает возможность переносить закономерности гомогенной химической кинетики на гетерогенные электродные процессы.

Полярнографические потенциалы полуволны — пока еще только эмпирические величины, находящиеся в довольно сложной зависимости от свойств растворителя, рН, ионной силы раствора, концентрации деполаризатора и т. д. Но уже раскрываются возможности теоретической интерпретации этих величин, и будущее несомненно приведет к новым достижениям.

Расчеты параметров полярнографической

волны в комбинации с другими методами часто позволяют выяснить характер и состояние в растворе восстанавливающейся органической частицы, а также выявить промежуточные и конечные продукты электродной реакции. Чрезвычайно интересно распознавание нестойких промежуточных продуктов свободнорадикального типа. Электролиз на стационарной ртутной капле при размещении ячейки в пространстве между магнитами спектрометра ЭПР и одновременная регистрация спектра ЭПР позволили в самые последние годы осуществить стационарное электрогенерирование свободных радикалов и радикал-анионов и изучить их тонкое строение. Такое электрогенерирование — один из наиболее удобных путей получения нестойких свободных радикалов, оно расширило наши познания в этой области, хотя сделаны лишь самые первые шаги. Полярнографические данные тем более облегчают подбор оптимальных условий для препаративного электросинтеза стабильных органических веществ, например регулирование процесса электровосстановления альдегидов и кетонов для получения, соответственно, либо нинакона, либо спирта и т. д. Можно также установить присутствие в реакционных смесях таких промежуточных или побочных продуктов, которые ускользнули бы от идентификации при других методах и тем самым улучшить выход реакции.

Все эти возможности применения полярнографии в органической химии пока еще в самой начальной стадии развития, предстоит еще немало трудностей. Все же позволительно надеяться, что новый метод со временем займет надлежащее, пусть и не ведущее место в физико-органической химии, наряду с оптической и микроволновой спектрометрией, масс-спектрометрией, рентгеноструктурным анализом и т. д. Ведь ни один из названных приемов не универсален, и пополнение существующих признанных методов желательно даже в том случае, если новый метод имеет относительно узкую сферу применения и эффективен в решении только определенных задач. В отличие от общепризнанных методов полярнография позволяет изучать органическую молекулу не в статике, а в процессе ее превращений. Если это обстоятельство и ограничивает возможности полярнографии при изучении строения молекулы, зато оно может обусловить получение совершенно новой количественной информации о реакционной способности после того,

разумеется, как будут преодолены все трудности в интерпретации параметров полярораграммы.

\* \* \*

Совершенно очевидно, что роль полярорафии в современных научных исследованиях уже не ограничивается использованием ее лишь в качестве удобного, чувствительного аналитического метода. Развитие молодой отрасли знания раскрыло и продолжает раскрывать все новые возможности приложения метода в изучении кинетики сверхбыстрых реакций, механизма электродных про-

цессов, реакционной способности органических соединений, в химии свободных радикалов и комплексных соединений и т. д. Расширение фронта полярорафических исследований в СССР и за рубежом, проведение международных полярорафических съездов и симпозиумов, рост научных публикаций в этой области, наблюдавшиеся за последние годы, — все это также свидетельствует о все возрастающем значении полярорафии в современной науке.

УДК 543.253

Заметки,  
Наблюдения

## КОЛОННЫ «МАРШИРУЮЩИХ» ЕЛЕЙ

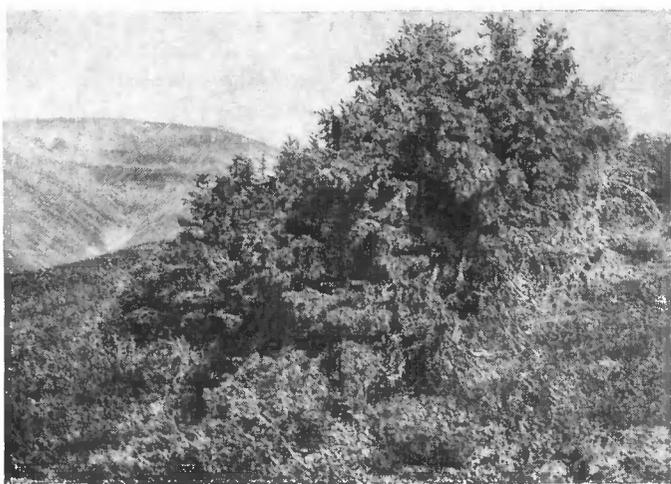
В Хибинских горах, в двух небольших, меридионально расположенных долинах пятого и шестого притоков р. Вуопемйок, выше верхней границы березового криволесья, обнаружены своеобразные заросли флаговых елей. Они распространяются на склонах западной экспозиции на высоте примерно 470—480 м над ур. м. и вытянуты в линию длиной до 70 м. Средняя высота елей 3—4 м. До 2 м от земли идет густая, переплетенная с ветвями соседних деревьев крона, так называемая юбка, каркас которой составляют настолько толстые и упругие сучья, что на них можно сидеть. На высоте 2,5—3 м располагается тонкий ствол, почти лишенный ветвей, и, наконец, вершина увенчивается «флагом» — небольшой кроной в виде

хохолка, указывающего уцелевшими ветвями направление господствующих ветров. Сама по себе подобная форма ели — не редкость, и отдельные ее особенности объясняются весьма просто: высота «юбки» указывает на многолетнюю высоту снежного покрова, оголенный ствол — на зону снеговой корразии<sup>1</sup>, «флаг» — направление ветра. Выход елей на верхнюю границу леса в Хибинах наблюдался во многих местах — на левобережье Тульйока, на восточных склонах Хибин, к югу от Расвумйока, на южном склоне горы Эвеслогчорр. Однако такого расположения этих елей ранее наблюдать не приходилось.

Это интересное явление можно объяснить ветровым режимом в долине, вызывающим переориентировку всех ветров, дующих над Хибинами. Суровые северные ветры, приобретающие большие скорости в узких долинах, уничтожают высевшиеся особи елей и, по-видимому, позволяют выживать только тем из них, которые находятся под защитой других. Прежде чем дерево, защищающее собою соседнее, погибает, за ним появляются новые и новые ели, выстраивающиеся в длинный ряд в направлении господствующих ветров. В процессе постепенного отмирания елей и их возобновления у другого края ряда происходит перемещение всей колонны елей вниз по долине. Такая своеобразная «демонстрация» елей на верхней границе леса служит любопытным примером взаимодействия растения и среды.

Н. И. Карпов

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова



Южное окончание колонны елей с более молодыми деревьями

<sup>1</sup> Снеговая корразия — механическое истирание и стачивание поверхности дерева под действием снега, переносимого ветром.

# ПРИРОДНЫЕ

## ПОЛИМЕРЫ

С. Р. Мардашев

Действительный член АМН СССР

*Важнейший класс природных полимеров — белки. Они лежат в основе всех жизненных процессов. Этим объясняется то выдающееся место, которое уделяется выяснению их строения и функций в биологических и медицинских исследованиях.*

### БЕЛКИ И АМИНОКИСЛОТЫ

В процессе длительной эволюции животного мира, особенно у его высших представителей, появились специализированные органы, которые в принципе выполняют одинаковые физиологические функции и обладают внешним сходством даже у видов, стоящих довольно далеко на эволюционной лестнице. В пределах одного вида это сходство доходит до идентичности. Однако это кажущаяся идентичность. Давно, например, было обнаружено, что всех людей можно разделить на 4 группы, в зависимости от совместимости или несовместимости крови. Ошибка в определении группы крови может оказаться роковой при переливании несовместимой крови больному. Это давно и хорошо известно. Однако с тех пор как стали заниматься пересадкой органов от одного животного или человека к другому животному или человеку, биологическая несовместимость превратилась в огромную по своему теоретическому и практическому значению проблему. Сейчас выяснилось, что трансплантация (пересадка) органов удаётся только у однояйцевых близнецов. В остальных случаях она, как правило, оканчивается неудачей, даже при пересадке органов от ближайших родственников и при условии совместимости по группам крови. Стало совершенно очевидно, что проблема пересадки органов и тканей может быть успешно решена лишь тогда, когда будет

преодолен барьер биологической несовместимости. Нет нужды говорить о том, какие широкие перспективы открылись бы перед хирургией, если бы оказалось возможно пересаживать органы от одного человека к другому, а в более отдалённом будущем (что звучит пока фантастично!) от представителей одного вида животных представителям другого вида.

Повседневный опыт убеждает нас в том, что нет ни одного человека, который был бы точной копией другого. В основе такой биологической индивидуальности, очевидно, лежит какая-то разница в химическом составе и связанном с этим химическом строении организма, т. е. в «биологической» индивидуальности.

Естественно полагать, что неорганические, а также низкомолекулярные органические вещества не могут играть сколько-нибудь существенной роли в определении биохимической индивидуальности. Углекислый калий или хлористый натрий, мочевины или любая аминокислота и т. п. обладают постоянным строением и свойствами вне зависимости от того, в каком организме они находятся. Однако существует группа органических соединений, совокупность которых характеризуется необычайно широкими, практически беспредельными возможностями создания вариантов, неповторимых в структурном и функциональном отношении. Это особая группа высокомолекулярных соединений, встречающихся во всех живых

организмах,— группа природных полимеров, к которой, в первую очередь, относятся белки и нуклеиновые кислоты.

### БЕЛКИ — ВАЖНЕЙШИЙ КЛАСС ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Они находятся в центре пристального внимания исследователей, изучающих проблему жизнедеятельности организма в различных ее аспектах. Можно считать, что проблема строения белка в настоящее время принципиально решена. Молекулы любого белка состоят, как известно, из множества аминокислот (точнее, из их остатков), соединенных между собой пептидной связью. В природе обнаружено около 20 аминокислот, которые входят в состав белков. Между тем только биохимическими методами открыты тысячи разнообразных белков, число которых значительно возрастает, если для их различения применяются более чувствительные иммунологические методы.

Расчеты показывают, что из 20 аминокислот при различной последовательности соединения, различной повторяемости их в полипептидной цепи могут быть построены миллиарды миллиардов изомерных белков. Однако это астрономическое число не только не преувеличено, а наоборот, сильно уменьшено, так как не приняты во внимание другие возможности структурных вариаций, которые ведут к изомерам.

Успехи химии в изучении строения белка позволяют в настоящее время получить бесспорные данные об аминокислотном составе любого индивидуального белка, если он выделен в чистом гомогенном состоянии. При помощи автоматического аппарата С. Мура и В. Стейна, так называемого аминокислотного анализатора, можно в течение суток получить записанный на бумажной ленте ответ на то, какие аминокислоты и в каком количестве содержатся в данном белке. Для этого достаточно загрузить в аппарат 0,5—5,0 мг гидролизованного белка, т. е. такое количество белка, которое поместится на кончике самого маленького перочинного ножа. Это имеет огромное значение для изучения строения многих биологически активных соединений (ферментов, ряда гормонов и т. д.) различных животных, растительных и микробных белков. Без этих аналитических данных

нельзя выяснить строение того или иного индивидуального белка и составить научно обоснованный белковый рацион в питании здорового и больного человека.

Однако для полного раскрытия строения белковых молекул и понимания их функций в обмене веществ эти данные необходимы, но недостаточны. Они представляют собой лишь первый этап исследования, за которым сразу же возникает вопрос: в каком порядке, в какой последовательности расположены аминокислотные остатки в полипептидной цепи данного белка. Современная химия белков обладает методами, при помощи которых можно получить ответ и на этот вопрос.

Применяя новые химические и ферментативные методы анализа и используя автоматические приборы для разделения и исследования полученных продуктов неполного расщепления белка, можно сократить срок определения последовательности аминокислот в полипептидной цепи данного белка до нескольких лет и, возможно, в недалеком будущем до нескольких месяцев. Таким образом, разработаны методы, позволяющие получить представление о первичной структуре белковой молекулы, т. е. о последовательности чередования аминокислотных остатков в одной или нескольких полипептидных цепях, из которых состоит молекула данного белка. Так, например, выглядит первичная структура инсулина, в которой аминокислотные остатки обозначены тремя первыми буквами названия аминокислоты (рис. 1).

### ЛАБОРАТОРНЫЙ СИНТЕЗ БЕЛКОВЫХ ГОРМОНОВ

Между тем биологические свойства белка определяются не только его аминокислотным составом и последовательностью соединения аминокислотных остатков, т. е. его первичной структурой. Полипептидная цепь в молекуле белка не представляет собой вытянутую в длину нить. Она определенным образом скручена, напоминая винтовую лестницу. Такая конфигурация полипептидной цепи, получившая название  $\alpha$ -спирали, наиболее вероятна для подавляющего большинства белков. Пространственная конфигурация полипептидной цепи, так называемая вторичная структура белка, стабилизируется непрочными и нековалентными вторичными связями, среди которых

основную роль играют водородные связи.

Как известно, полипептидная цепь, свернутая в виде спирали, компактно упаковывается в пространстве, например в виде более или менее сферических образований, глобул, которые удерживают свою форму при помощи множества слабых связей, например водородных связей, электростатических и ван-дерваальсовых сил взаимодействия. Эта трехмерная пространственная упаковка получила название третичной структуры белковой молекулы.

Представление о пространственной конфигурации белковой молекулы, ее вторичной и третичной структуре мы получаем на основании данных инфракрасной спектроскопии, дисперсии оптического вращения и особенно на основании данных рентгеноструктурного анализа. Поразительный прогресс в этом направлении за последние годы достигнут М. Ф. Перутцем и Дж. К. Кендрию (Англия) в результате усовершенствования методов рентгеноструктурного анализа, особенно увеличения разрешающей способности в дифракционной картине до  $2\text{Å}$ , а также применения автоматических аппаратов и электронносчетных устройств.

Самое замечательное в рентгеноструктурных исследованиях последнего времени — это то, что применение аппаратуры с высокой разрешающей силой позволяет идентифицировать боковые цепи аминокислотных остатков и этим прямо определять также последовательность аминокислот в белках, т. е. первичную структуру. Таким образом, в ближайшей перспективе можно будет рассчитывать на чисто физический метод прямого определения первичной, вторичной, третичной и четвертичной структур белковой молекулы. Основная трудность в широком использовании рентгеноструктурного анализа заключается в получении изоморфных кристаллов исследуемого белка, в который введены тяжелые атомы, необходимые для различения отдельных структур при расшифровке дифракционной картины.

В настоящее время при помощи химических и биохимических методов полностью расшифрована первичная структура, т. е. последовательность соединения аминокислотных остатков в инсулине, рибонуклеазе, вирусе табачной мозаики, цитохромах С различных видов организмов, адренокортикотропном гормоне и некоторых других белках. Интенсивная работа по выяснению первичной структуры ряда белков про-

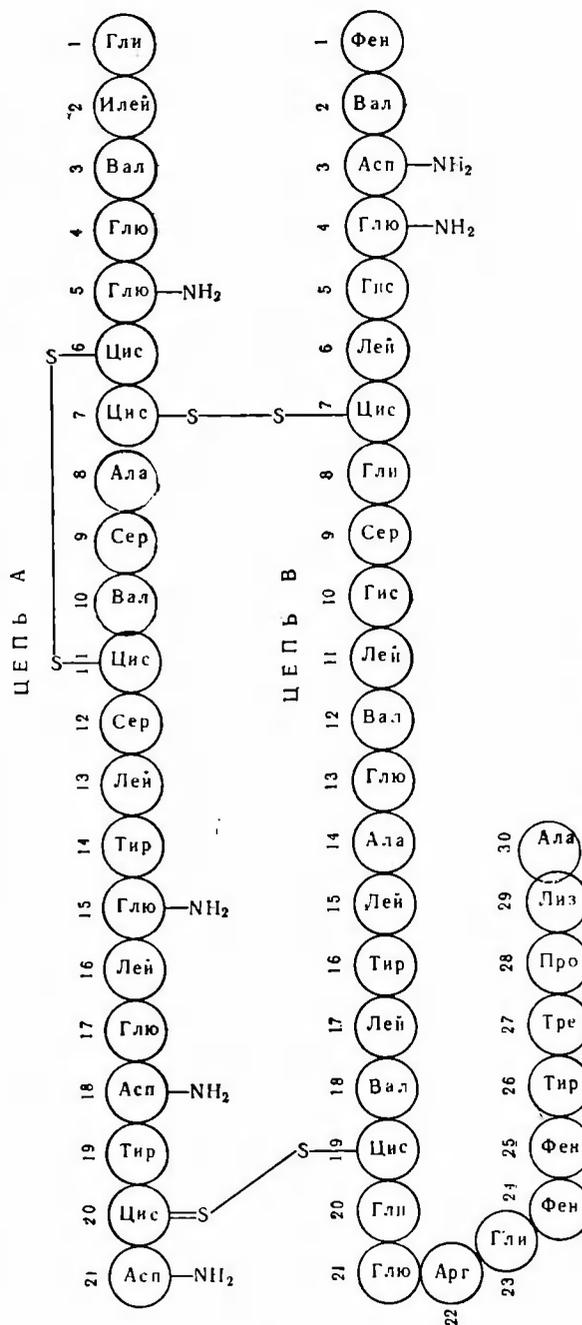


Рис. 1. Первичная структура инсулина. Аминокислотные остатки обозначены первыми тремя буквами из названия соответствующей аминокислоты (например, глицин — гли, аланин — ала и т. д.)

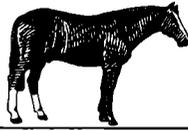
<i>Последовательность зв в чередовании аминокислот в инсулине (цепь А) разных видов</i>			
	<i>Номер аминокислотного остатка</i>		
	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
	<i>Тре.</i>	<i>Сер.</i>	<i>Иле</i>
	<i>Ала.</i>	<i>Сер.</i>	<i>Вал</i>
	<i>Тре</i>	<i>Сер</i>	<i>Иле</i>
	<i>Тре</i>	<i>Гли</i>	<i>Иле.</i>
	<i>Ала</i>	<i>Гли.</i>	<i>Вал.</i>
	<i>Тре</i>	<i>Сер.</i>	<i>Иле</i>

Рис. 2. Видовые различия в аминокислотном составе А-цепи инсулина

дится в лаборатории, руководимой В. Н. Ореховичем.

Белки — важнейший класс природных полимеров, выполняющий в организме функции, которые лежат в основе всех жизненных процессов. К ним относятся, например, ферменты и некоторые гормоны белковой природы. Поэтому выяснение строения белков, их физико-химических свойств, установление связи между строением и функцией, расшифровка конкретного механизма участия белков в обмене веществ, его управлении и регуляции имеют огромное теоретическое и практическое значение для биологии и медицины.

Как уже было сказано, первичная структура инсулина — важнейшего гормона, регулирующего углеводный обмен, — в на-

стоящее время полностью расшифрована Ф. Сэнгером (Англия). Если принять молекулярный вес инсулина равным 6000, то его молекула состоит из двух полипептидных цепей А и В, связанных между собой мостиками, перекинутыми между атомами серы (см. рис. 1). Эти мостики можно разрушить и получить отдельно полипептидную цепь А и полипептидную цепь В. В отдельности ни одна из них не обладает гормональной активностью, но если эти изолированные цепи соединить, то гормональная активность восстанавливается. В 1963 г. П. Г. Катсоянис, А. Тометско и К. Фукуда (США) синтезировали цепь А инсулина. Когда ее соединили с цепью В природного инсулина, то получилось вещество, обладающее биологической активностью инсулина. Позднее те же исследователи получили препарат, содержащий синтетическую цепь В инсулина, однако в низкой концентрации. Все же была сделана попытка соединить этот препарат с ранее синтезированной цепью А. Полученное вещество обладало активностью инсулина, правда недостаточно большой. В 1963 г. Р. Швицером и П. Зибером в Швейцарии был осуществлен

также синтез АКТГ (адренокортикотропного гормона гипофиза), молекула которого состоит из 39 аминокислотных остатков.

Таким образом, за последние 1—2 года был осуществлен лабораторный химический синтез двух биологически активных полипептидных гормонов, приближающихся по сложности к самым малым молекулам белка. Отсюда можно сделать следующий шаг и разработать технологический процесс синтеза АКТГ и инсулина на химических предприятиях.

#### БИОСИНТЕЗ БЕЛКОВ И МЕДИЦИНА

В проблеме изучения строения природных полимеров есть один аспект, важный для медицины, значение которого, однако,

еще далеко не полностью оценено. Это относится к сравнительной биохимии, к изучению строения одного и того же гормона у представителей разных видов животного мира.

Изучение первичной структуры инсулина, выделенного из панкреатической железы различных видов животных, показало, что в 8, 9 и 10-й позициях полипептидной цепи А и в 30-й позиции цепи В (рис. 2, 3) инсулина, полученного от разных видов животных, наблюдается только небольшое различие. Так как эти позиции в некотором отношении, по-видимому, не имеют существенного значения, то, например, инсулин из поджелудочной железы телят вызывает в общем одинаковое снижение содержания сахара в крови как у людей, так и у кроликов, мышей и других животных. Однако накопился ряд фактов, показывающих, что в крови больных, получивших инсулин, появляются антитела. У больных, резистентных к инсулину, содержание антител соответствует их резистентности. Сейчас экспериментальный сахарный диабет у животных можно вызвать введением антител против инсулина вместо применения аллоксана. Этот защитный ответ организма на чужеродный белок ставит серьезную проблему перед химией и медициной.

Более или менее аналогичная ситуация возникает и при использовании в медицине некоторых других биологически активных веществ, даже высокоочищенных. Выяснилось, что гормон роста, выделенный из гипофиза человека и обезьяны, имеет много общего: примерно одинаковый молекулярный вес, близкую первичную структуру и приблизительно одинаковую эффективность при лечении болезней человека. В то же время гормон роста, выделенный из гипофиза крупного рогатого скота, заметно отличается от соответствующих гормонов человека и обезьяны и оказывается не эффективным в лечении болезней человека.

Важнейший фермент системы биологического окисления, цитохром С, выделенный

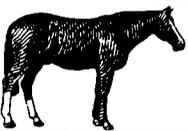
<i>С-концевая аминокислота в В-цепи инсулина у разных видов</i>	
	<i>С-концевая аминокислота</i>
	<i>Треонин</i>
	<i>Серин</i>
	<i>Аланин</i>
	<i>Аланин</i>
	<i>Аланин</i>

Рис. 3. Видовые различия в аминокислотном составе В-цепи инсулина

из сердечной мышцы человека, отличается от цитохрома С сердечной мышцы лошади аминокислотными остатками в 12 участках полипептидной цепи. Можно ли все это считать малозначимым для медицины простым биохимическим признаком эволюции, если, например, известно, что достаточно из 600 аминокислотных остатков гемоглобина заменить только 2 на другие, чтобы появился ненормальный гемоглобин, который уже не может в достаточной степени обеспечить организм кислородом, и возникает анемия? А ведь из 10 000 атомов, входящих в состав гемоглобина, изменилось положение только 12! Разве не поразителен тот факт, что замена только трех атомов из 5 250 000, составляющих одну вирусную молекулу, превращает безобидный вирус в вирус, сеющий смерть?

В области производства белковых гормонов и применения их в клинике человека цель достаточно ясна: для повышения эффективности лечения целесообразно вводить

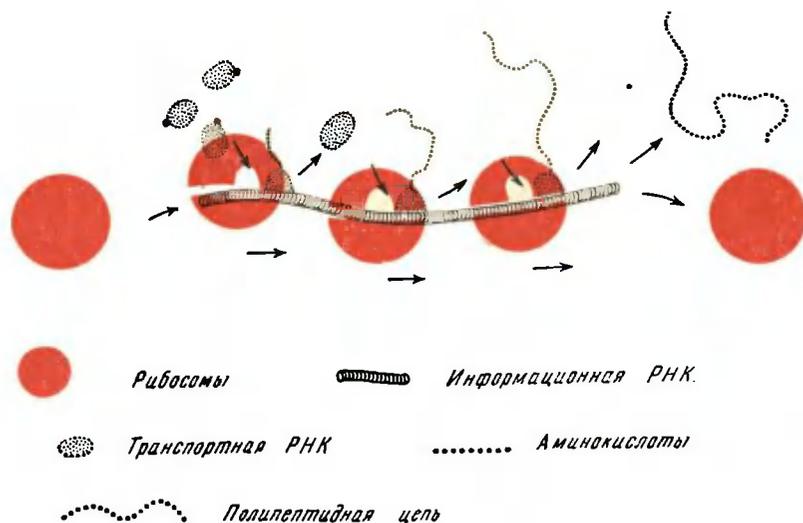


Рис. 4. Схема синтеза белка на рибосомах (Pur)

в организм такие гормоны, которые соответствуют природе организма. Для некоторых гормонов (инсулин, глюкагон, АКТГ) эта задача может быть решена в недалеком будущем, так как их химический синтез принципиальной трудности не представляет. Для других — это более отдаленная перспектива, так как нужно полностью выяснить их первичную структуру и только после этого можно будет разработать методы химического и биохимического синтеза этих сложных биологических полимеров. Здесь мы должны пока стремиться подражать природе, прежде чем сумеем превзойти ее.

Наша важнейшая цель — овладеть в интересах человека способами управления обменом веществ, так как именно он является характерной особенностью жизни и выражением направления и скорости всех процессов, протекающих в организме здорового и больного человека. Если иметь в виду материальное и энергетическое обеспечение процессов жизнедеятельности, то в основе его лежат химические превращения веществ, в которых ведущую роль играют специализированные белки и прежде всего ферменты. Естественно поэтому, что проблема биосинтеза специфических белков имеет особое значение для биологии и медицины.

Сейчас установлено, что специфичность белкового синтеза определяют нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК). Центром непосредственного синтеза белка в клетке служат мельчайшие гранулы (диаметром в  $15-20 \cdot 10^{-6}$  м.м), названные рибосомами.

Около половины их вещества составляет высокополимерная рибосомная РНК. К рибосомам или, точнее, к группе рибосом, объединенных в так называемые полирибосомы, или полисомы, подтягиваются различные активированные аминокислоты при помощи транспортной РНК, обладающей относительно небольшим молекулярным весом. Высокополимерная ДНК ядра передает заложенную в ней информацию о первичной структуре определенного белка на синтезирующуюся при ее участии высокополимерную информационную РНК. Информационная РНК вступает в контакт с рибосо-

мами, часто с несколькими, образующими полисомы, где на ней (возможно, как на матрице) связываются в определенном порядке в соответствии с полученной информацией транспортированные в полисомы аминокислоты и синтезируется белок определенной первичной структуры, которая была закодирована в ДНК и переписана в информационную РНК. Предполагается, что рибосомы, проходя вдоль линейной структуры информационной РНК, как бы считывают информацию и в соответствии с ней формируют полипептидную цепочку, образующую специфический белок (рис. 4). Каждую секунду длина полипептидной цепи увеличивается примерно на 2 аминокислоты, и синтез новой белковой молекулы заканчивается за 30—120 сек. Важную роль в решении ряда вопросов в этой области сыграли исследования С. Очоа, А. Корнберга, Э. Чаргафа, М. Ниренберга, А. Н. Белозерского и многих других ученых.

В процессе биосинтеза белка большое участие принимают различные ферменты. Однако основную роль играют высокомолекулярные нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) — важнейшие природные полимеры, в которых заложена, хранится и передается информация, в соответствии с которой синтезируется белок с заданным строением и биологическими свойствами определенного фермента, гормона или структурного белка. Очевидно, что специфичность белкового синтеза определяется строением нуклеиновых кислот, которые, несмотря на

свой огромный молекулярный вес, составляемый сотнями тысяч единиц, построены из отдельных звеньев всего лишь четырех типов. Каждое звено содержит одно из следующих азотистых оснований: аденин, гуанин, цитозин и тимин для ДНК, и то же, но с урацилом вместо тимина, для РНК. Последовательность азотистых оснований в нуклеиновых кислотах определяет разнообразие их химических и биологических свойств. Хотя очень многое остается неясным, есть все основания полагать, что разработка и усовершенствование химических и биохимических методов синтеза нуклеиновых кислот с заданной последовательностью азотистых оснований позволят осуществить биосинтез полипептидов с программированной последовательностью аминокислот.

Из вышеизложенного следует, что процесс биосинтеза белка — сложный многостадийный процесс, протекающий слаженно и в высшей степени точно. И все же, контрольные механизмы не всегда гарантируют отсутствие «брака». Это следует из опытов с транспортной РНК. Установлено, что для каждой аминокислоты существует своя транспортная РНК, которая «перевозит» в место белкового синтеза, т. е. к рибосомам, только «своего пассажира». Однако выяснилось, что строение транспортной РНК предопределяет не только какого именно пассажира (аминокислоту) она будет транспортировать, но и «место назначения», т. е. место в полипептидной цепи, которое запрограммировано информационной РНК для данной аминокислоты. Если транспортная РНК предназначена для перевозки только, например, цистеина, а вместо цистеина «пассажиром» оказалась, по каким-либо причинам другая аминокислота, например аланин, то транспортная РНК доставит аланин в то место полипептидной цепи, которое предназначено для цистеина. Более того, синтезирующий механизм в рибосомах включит в полипептидную цепь белка вместо цистеина аланин (рис. 5). Следовательно, ошибка, совершенная в период транспортировки аминокислот, в дальнейшем не исправляется. В результате синтезируется белковая молекула, которая не приспособлена к выполнению нормальных физиологических функций. Вероятно, это один из путей, которым создаются молекулярные основы для возникновения и развития болезни.

В эксперименте и клинике в настоящее время подвергаются широкому испытанию

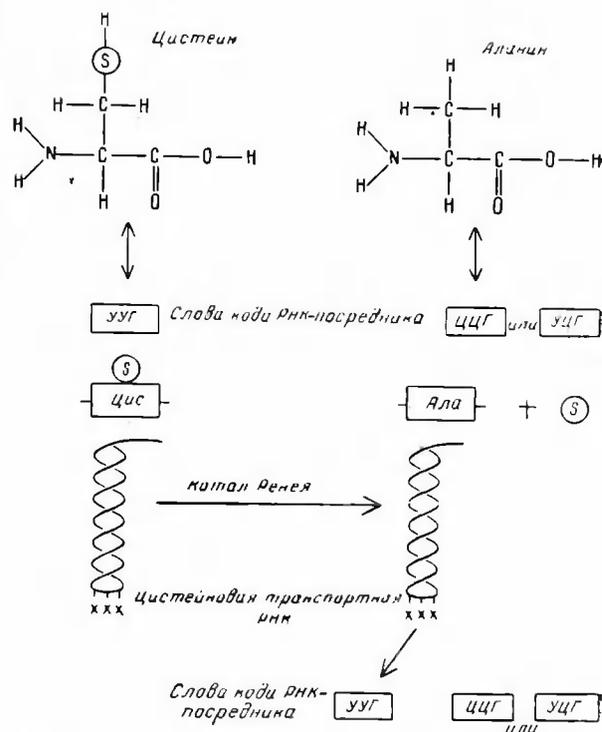


Рис. 5. Опыт, показавший, что распознавание кода зависит от специфичности транспортной РНК, а не от структуры транспортируемой аминокислоты. Цистеин кодируется тринуклеотидом УУГ (содержащим урацил, урацил и гуанин), а аланин — тринуклеотидом ЦЦГ или УЦГ (содержащим цитозин, цитозин и гуанин или урацил, цитозин, гуанин). Цистеин присоединяли к его специфической транспортной РНК, затем серу удаляли катализатором Ренция. После удаления из молекулы серы, цистеин превращался в аланин, однако последний включался в белок так, как если бы он был цистеином (см. Маршалл В. Ниренберг, «Природа», 1964, № 2, -стр. 43)

различные синтетические производные низкомолекулярных соединений, образующих макромолекулы нуклеиновых кислот, пуриновых и пиримидиновых оснований, соответственные нуклеозиды, нуклеотиды (например, меркаптопуриин, азауридин, фторурацил и т. п.). Эти вещества, вмешиваясь в обмен нуклеиновых кислот по антиметаболитному механизму, угнетают рост некоторых микроорганизмов, некоторых злокачественных опухолей и т. п. Несомненно, работы в этом аспекте вполне оправданы и должны продолжаться дальше с целью направленного изыскания эффективных химиотерапевтических средств.

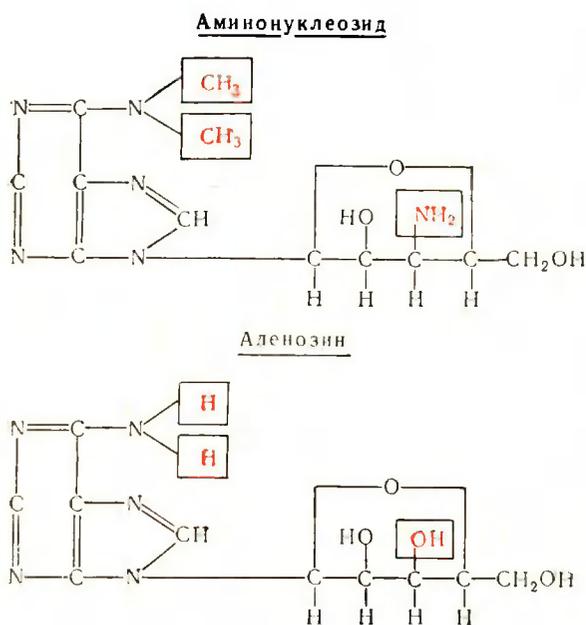


Рис. 6. Химическое строение аминонуклеозида и аденозина

Насколько велико может быть значение нуклеиновых кислот и их производных в патологии, видно хотя бы из следующего примера.

Около 7 лет тому назад было показано, что аминонуклеозид, выделенный из антибиотика пурамицина, вызывает нефроз (тяжелое дистрофическое поражение почек) у крыс. Это вещество стало применяться для получения модели экспериментального нефроза у животных. Аминонуклеозид с биохимической точки зрения представляет весьма интересное соединение, которое по структуре очень напоминает аденозин — входящее в состав РНК природное вещество, отличаясь от него присутствием дополнительно двух метильных групп и одной аминогруппы. Простое сравнение структуры этих двух веществ — аденозина и аминонуклеозида (рис. 6) — показывает, что они могут конкурировать в обмене нуклеиновых кислот. Опыты с аминонуклеозидом, меченным тритием, показали, что это вещество, по-видимому, тормозит обмен природных нуклеозидов и нуклеотидов, нарушая фосфорилирующие механизмы. Возможно, что аминонуклеозид, будучи составной частью антибиотика пурамицина, тормозит рибосомальный синтез белка.

Не исключено, например, что в результате нарушений обмена веществ в организме вместо аденозина (естественного продукта) образуется некоторое количество аминонуклеозида или близкого к нему вещества, которое вызывает нефроз.

Если мы будем знать детали механизмов белкового синтеза и обмена нуклеиновых кислот в норме и патологии, это позволит нам понять самые интимные стороны происхождения многих болезней и найти новые эффективные пути борьбы с ними. В этом аспекте особенно ярко выступает роль химии в биологии и медицине и значение объединения усилий этих наук.

Сейчас еще трудно достаточно ясно представить себе то воздействие на практическую медицину, которое в недалеком будущем окажут успехи в области изучения нуклеиновых кислот. Это воздействие, несомненно, будет огромно и по-видимому, в первую очередь оно скажется на борьбе с теми заболеваниями, природа которых еще не вполне ясна. Сюда, прежде всего, относятся злокачественные опухоли, радиационные поражения и вирусные болезни. Препараты нуклеиновых кислот могут найти широкое применение в терапии поражений различных органов и болезней обмена веществ. Наконец, можно предвидеть, что разработка методов воздействия на биосинтез белков и обмен нуклеиновых кислот поднимет всю практическую медицину на более высокий уровень.

## СЕМЕЙСТВА ФЕРМЕНТОВ

Среди белков, составляющих почти половину сухого веса человеческого тела, важнейшая роль, как известно, принадлежит ферментам, химическим катализаторам жизни. Что дает биохимия этих полимеров медицине сегодня и чего можно ожидать в будущем? В настоящее время ферменты используются в клинике либо для диагностических, либо для лечебных целей. По этому вопросу ежегодно публикуются сотни работ. Высокоочищенные препараты ферментов широко применяются в биологических и медицинских исследованиях как строго специфические реактивы для определения различного рода веществ в биологических жидкостях (цельной крови, сыворотке крови, спинномозговой жидкости и т. д.). Количественное определение содержа-

пия сахара, молочной, пировиноградной и  $\alpha$ -кетоглутаровой кислот, которое имеет важное значение для понимания нарушений в обмене веществ, производится при помощи ферментов. С использованием ферментов связано также определение аденозинтрифосфорной, аденозиндифосфорной и аденозинмонофосфорной кислот, дающее представление о количестве мобильных энергетических резервов, их превращениях и утилизации в обмене веществ. Методы, основанные на применении соответственных ферментов и коферментов, в большинстве случаев наиболее чувствительны и точны, и потому могут быть эффективно использованы для определения указанных веществ в объектах биологического происхождения.

Определение ферментативной активности в сыворотке крови и спинномозговой жидкости находит в клинике большое применение. Особенно широко используется определение активности трансаминаз — важнейших ферментов аминокислотного обмена, открытых и подробно исследованных советским биохимиком А. Е. Браунштейном и его сотрудниками. Очень часто для диагностических целей определяют содержание в крови фосфомоноэстераз, альдолазы, амилазы и холинэстеразы. Перечисленные ферменты находятся и в нормальной крови, правда, в незначительном количестве, и, кроме того, в различных органах. Поэтому источник их происхождения не всегда может быть точно установлен. Это значительно затрудняет постановку правильного диагноза. Существенную помощь может оказать одновременное определение активности ряда ферментов, так как соотношение этих активностей в различных органах неодинаково. Кроме того выяснено, что любой фермент обычно находится в органе в виде так называемых изоферментов, или изоэнзимов, т. е. семейства ферментов, обладающих одинаковым действием, но несколько отличающихся один от другого по физико-химическим свойствам, которые легко можно обнаружить, например, при помощи электрофореза на бумаге. Количественное соотношение между изоэнзимами в различных органах различно. Этим можно воспользоваться для того, чтобы определить, за счет поражения какого органа произошло увеличение активности данного фермента в крови.

Специфичность метода определения фермента в сыворотке крови значительно повышается, если он содержится только в одном

или двух органах. В нашей лаборатории показано, что при инфекционном гепатите (болезни Боткина) в крови обнаруживаются два фермента — гистидаза и урокиназа. Гистидаза содержится только в печени и эпителии кожи; урокиназа обнаружена только в печени. Поэтому появление гистидазы и урокиназы в крови человека указывает на серьезные деструктивные изменения клеток печени, которые наблюдаются при болезни Боткина.

Небезынтересно, что уже в первые часы после инфаркта миокарда в крови резко нарастает содержание креатинкиназы — фермента, специфичного для мышечной ткани. Если у больного скелетная мускулатура нормальна и подозревается инфаркт миокарда, то появление и быстрое нарастание в крови креатинкиназной активности может иметь решающее диагностическое значение, более убедительное, чем показания электрокардиограммы. Лишь позднее изменяется содержание в крови трансаминаз и еще позднее — лактикодегидрогеназы, что указывает на ухудшение состояния.

Первый аспект применения ферментов для лечения преследует цель неспецифического использования специфических свойств ряда ферментов. К ним относятся, прежде всего, ферменты лизирующего типа, довольно легко разрушающие и растворяющие различного рода денатурированные структуры, скопления и сгустки плазматических, клеточных и тканевых остатков и отторжений, сложные и неоднородные по составу. Основная задача сводится к тому, чтобы как можно быстрее вывести из организма эти шлаки.

Наибольший интерес в терапевтическом применении ферментов связан с обработкой ран, гематом, воспалительных очагов, растворением сосудистых тромбов и интрабронхиальным введением ферментов при болезнях легких.

За рубежом выпускается несколько десятков различных препаратов ферментов, применяемых в хирургии, терапии, отоларингологии, акушерстве и гинекологии, а также в других разделах клинической медицины. В экспериментальных и клинических работах за рубежом в больших масштабах применяются с терапевтической целью трипсин, химотрипсин, дезоксирибонуклеаза, коллагеназа, эластаза, гиалуронидаза, стрептодориаза, стрептокиназа, фибринолизин, панкреатин, фицин, папаин и бромелин.

В Советском Союзе применение фермен-

тов в медицине развито пока недостаточно. Медицинской промышленностью СССР выпускаются для лечебных целей некоторые ферментные препараты: дезоксирибонуклеаза; аморфный трипсин; таблетки абомина, содержащие химозин; пепсин, ацидинопепсин, панкреатин, естественный и искусственный желудочный сок и препараты гиалуронидазы из семянок крупного рогатого скота, лидаза и ронидаза (лидаза, более очищенный препарат, употребляется для подкожных введений).

В значительном большинстве работ по использованию ферментов в терапии различных заболеваний господствует эмпиризм. Однако положительный эффект, который наблюдался во многих исследованиях, вселяет надежду на то, что приготовление ферментов в промышленном масштабе и их использование в медицинской практике, организованное на строго научной основе, даст ценное оружие в борьбе с болезнями.

Трипсин и химотрипсин применяются при лечении тромбозов, а также наряду с другими ферментами в качестве противовоспалительных и очищающих агентов при первичной обработке ран. Существенной разницы в эффективности этих двух ферментов не наблюдается. Однако вязкость экссудата в очагах воспаления и отеках различного типа в значительной степени обусловлена присутствием ДНК, поэтому вполне обоснованное применение нашли дезоксирибонуклеазы животного или микробного происхождения, которые дают отчетливый положительный эффект.

Надо иметь в виду, что трипсин и химотрипсин — это мощные протеолитические ферменты, поэтому следует предостеречь от не всегда оправданного риска при их местном применении, например, в области органов зрения или слуха. Необходима тщательная экспериментальная проверка возможности использования тех или иных ферментных препаратов, прежде чем они будут подвергнуты клиническому испытанию.

Большое число работ опубликовано о применении в лечебной практике гиалуронидазы. Основой лечебного эффекта гиалуронидазы служит гидролиз гиалуроновой кислоты и гликопротеидных комплексов, который ведет к повышению проницаемости клеточных и тканевых мембран и облегчает проникание жидкостей из полостей и тканей в кровь и лимфу. Поэтому полностью оправдано применение этого фермента для

первичной обработки ран, устранения отеков, гематом, келлоидных рубцов, склеродермии, для ускорения проникания различных лекарственных и наркотических веществ и т. д.

Фибринолизин (плазмин) применяется для лечения тромбозов. В многочисленных зарубежных публикациях описано, что при помощи стрептокиназы (иногда в комбинации со стрептодорназой), фибринолизина и фибрина происходит растворение тромбов сосудов и устранение послеоперационных кровяных сгустков. В отечественной научной литературе опубликованы данные о положительном действии фибринолизина в случаях периферических артериальных тромбов, тромбозов, тромбозов церебральных сосудов, а также в первые часы инфаркта миокарда. Значительное применение нашло лечение легочных заболеваний (бронхоэктазов, хронических бронхитов, эмфиземы, ателектазов и т. д.) аэрозолями ферментов, в частности, трипсина, химотрипсина и дезоксирибонуклеазы.

Другой аспект применения ферментов в лечебных целях представляет собой введение ферментов в организм в условиях недостаточного их образования. Примером такой терапии может служить лечение желудочным соком, пепсином, трипсином, панкреатином, лактазой, сахаразой, амилазой, препараты которых вводятся через рот в условиях недостатка пищеварительных ферментов в желудочно-кишечном тракте. Однако особенно важной и наиболее трудной проблемой является устранение ферментного дефицита, ощущаемого в отдельных звеньях промежуточного обмена веществ в органах вследствие ослабленного биосинтеза ферментов. Эта задача может быть решена после того, как мы овладеем методами управления обменом веществ или окажемся в состоянии пересаживать органы и ткани от одного организма к другому.

Основой успешного применения ферментов в медицине является глубокая разработка теоретических проблем энзимологии и препаративной химии ферментов. Только при этом условии мы можем избежать разочарований там, где рассчитываем на успех.

В связи с исключительно важной ролью, которую играют ферменты в обмене веществ, следует особо подчеркнуть значение тех исследований, которые вскрывают механизм взаимодействия токсических, а также лекарственных веществ и ферментов. Поиски

новых лекарственных препаратов могут быть плодотворны только в том случае, если будут расшифрованы механизмы их взаимодействия с ферментами, определяющими специфику действия и его продолжительность, обусловленную скоростью метаболизма лекарственных веществ. Работы по выяснению окислительного обмена в сердечной мышце и механизма действия лекарственных веществ, проводимые в лаборатории, руководимой С. Е. Севериным, дают основу для развития биохимического направления в фармакологии.

\* \* \*

Важнейшая роль принадлежит природным полимерам углеводного характера, входящим в состав живой материи; к изучению их биохимических свойств и метаболизма проявляется неослабевающий интерес. К этим полимерам относятся гликоген, гиалуроновая кислота, хондроитин и хондроитинсульфаты, гепарин и гепаринсульфаты, мукопротеиды и гликолипиды, иммуноспецифические полисахаридные антигены бактерий и вирусов. Становится все более очевидно, что энергетическая роль углеводов не является их основным вкладом в экономику живого организма.

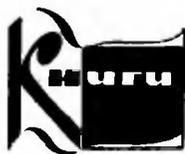
Ряд заболеваний, связанных с нарушением обмена гликогена, может получить сей-

час более определенное объяснение на основе обнаруженных дефектов в ферментном хозяйстве организма.

Ведутся интенсивные исследования обмена таких углеводных полимеров, как гиалуроновая кислота, а также высокомолекулярных соединений белковой и другой природы, в состав которых входят сиаловые (ацилнейраминовые) кислоты. Проблема проницаемости, играющая важную роль в обмене веществ, в нормальных и патологических процессах связана, прежде всего, с этой группой природных полимеров. Выяснение химических компонентов, механизмов биосинтеза и проницаемости клеточной стенки микроорганизмов имеет существенное значение в борьбе с инфекционными болезнями. Специфический эффект в лечебном действии многих антибиотиков (например, пеницилина) заключается в торможении синтеза клеточной стенки (прежде всего, ее мукопептидов) у многих микроорганизмов.

Намеченная в нашей стране величественная программа химизации всего народного хозяйства потребует активного, самоотверженного труда ученых в различных областях химической науки. Им принадлежит важнейшая роль также в решении узловых проблем современной биологии и медицины.

УДК 577.1



## ЛЮБИТЕ И ОХРАНЯЙТЕ ПРИРОДУ БРЯНЩИНЫ

Изд-во «Брянский рабочий»,  
1963, 83 стр., ц. 22 коп.

Вышел в свет первый сборник о природе Брянщины, составленный областным отделением Общества охраны природы. Авторы статей и очерков — преподаватели, ученые-лесоводы, любители природы пишут об охране природы родного края — редких объектов живой и неживой природы Брянщины, о насущных делах Общества. В сборнике помещены статьи-очерки заслуженного деятеля науки профессора Брянского технологического института



Б. В. Гроздова, в одной из которых он рекомендует всячески способствовать акклиматизации и расселению многолетнего растения горца Вейриха как ценного силосного корма для животноводства. Практическую ценность

имеет статья кандидата сельскохозяйственных наук В. И. Филина о вредной эрозийной деятельности и оврагообразовании. Автор приводит цифры ущерба от водной эрозии, оврагообразования и пыльных бурь, наносимого пахотным землям Брянщины. Заслуживают внимания статьи кандидата сельскохозяйственных наук В. П. Разумова об использовании грибных ресурсов и Е. Самошкина «О значении сбора орехов».

В защиту лесных муравьев и других полезных насекомых и птиц выступает любитель природы А. В. Федосов в статье «Больше внимания нашим незаметным друзьям». Короткую характеристику рек и водохранилищ, а также ихтиофауны Брянщины дает ихтиолог Н. И. Папичев.

Л. М. Губанов

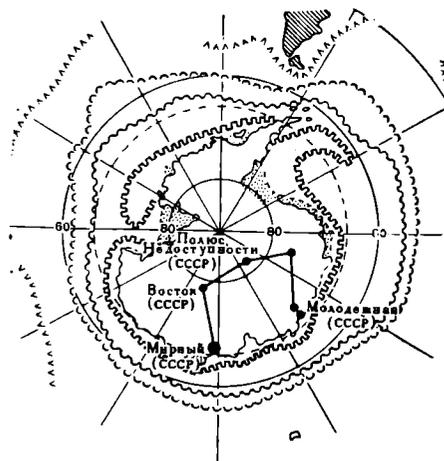
Брянск

# ПРИРОДА ЦЕНТРАЛЬНОЙ АНТАРКТИДЫ

НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ

*А. П. Капица*

*Кандидат географических наук*



*21 ноября 1963 г. с Шереметьевского аэродрома, под Москвой, поднялись два тяжелых турбовинтовых самолета ИЛ-18, которые взяли курс на юг. На борту было 72 пассажира — участники Девятой советской антарктической экспедиции. Среди них 8 будущих участников внутриконтинентального похода через неизведанные районы Антарктиды, где человек никогда не бывал ни на самолете, ни на вездеходе. Самолеты пролетели огромный путь (более чем половину длины экватора!), совершили посадки в Ташкенте, Дели, Рангуне, Порт Дарвине, Сиднее, Крайсчерче, на американской базе в Антарктиде Мак-Мердо и через 12 дней приземлились на южнополярной обсерватории Мирный. Это второй перелет Москва—Антарктида, но в отличие от первого у него были чистопрактические цели — забросить в Антарктиду сезонный состав экспедиции на полтора месяца раньше прихода кораблей. Для группы, которой предстояло подготовить и провести большой внутриконтинентальный поход, это был выигрыш во времени.*

## ПОДГОТОВКА К ПОХОДУ

С первых же дней прилета началась интенсивная подготовка к внутриконтинентальному походу. Его участники были переброшены самолетами на ст. Восток, где им надо было пройти акклиматизацию, т. е. привыкнуть к условиям, в которых предстояло жить и работать. А условия здесь резко отличаются от прибрежных районов Антарктиды: высота 3490 м над ур. м., температуры воздуха даже в летний период колеблются от 30 до 50° мороза.

Все участники похода предварительно прошли тщательный медицинский отбор (в специальной барокамере их «поднимали» до 4000 м, проверяли, как они переносят высоту). Но даже самая строгая комиссия не может определить, как будет себя чувствовать

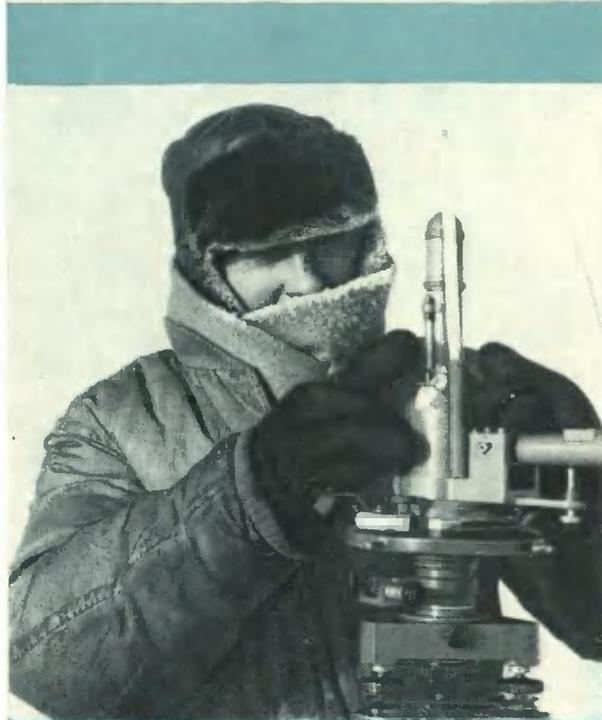
полярник в тяжелых условиях Центральной Антарктиды. Часто после недели пребывания на ст. Восток приходится вывозить обратно в Мирный не прошедшего акклиматизации человека.

Вскоре участники внутриконтинентального похода приступили к работе. Наши геодезисты Ю. Г. Бугаев и Э. И. Сафонов начали монтаж на тягачах современной геодезической аппаратуры. Впервые в нашей экспедиции при помощи геодезических радиодальномеров и оптических высокоточных теодолитов предстояло провести нивелировку поверхности ледникового покрова. Раньше такие работы осуществлялись только оптическими методами. Надо было выяснить, как в этих необычных условиях работают электронные приборы, позволяющие определить расстояние с точностью до 1 : 100 000 (т. е. при измерении расстояния в 10 км ошибка не превышает 10 см). Испол-

Фото к статье автора



Советские исследователи Антарктиды за работой: С. Г. Ковтанюк ведет наблюдения при помощи протонного магнитометра (*сверху слева*); гляциолог В. К. Ноздрихин измеряет плотность снега (*справа*); геодезист Э. И. Сафонов у радиодальномера (*внизу слева*)



Актинометрист Г. Г. Сакунов за работой (*вверху слева*); геодезист Ю. Г. Бугаев проводит гравиметрические наблюдения (*вверху справа*); инженер магнитолог В. А. Казарин измеряет напряженность магнитного поля (*внизу слева*); инженер Н. И. Казарин за бурением скважины (*внизу справа*)



Самолет ИЛ-12 сбрасывает горячее

зую радиодальномер для измерения расстояний, а теодолит — для определения угла наклона между двумя тягачами, методом тригонометрического нивелирования предстояло провести нивелировку тысячекилометрового участка предстоящего маршрута, чтобы передать высоту с репера ст. Восток на репер ст. Полюс Недоступности.

Геодезическая аппаратура была смонтирована на крыше двух тягачей в специальных шестигранниках защиты, которые представляли собой металлический в форме шестигранной призмы каркас, снаружи обтянутый брезентом. Аппаратура и наблюдатель были защищены в этих шестигранниках от ветра, но отнюдь не от мороза.

Кроме этого, ежедневно проводились астрономические наблюдения для того, чтобы получить точные координаты репера ст. Восток. Приходилось также налаживать гравиметры СН-3, при помощи которых будут измерять величину ускорения силы тяжести по всему маршруту похода. Гравиметры были помещены в специальный ящик

и защищены от колебания температур и тряски.

Старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук О. Г. Сорохтин и автор этой статьи должны были при помощи портативной сейсморазведочной станции определять толщину ледникового покрова. Эти работы проводились и в прошлых внутриконтинентальных походах. Было известно, что сейсмозондирование в Антарктиде связано с преодолением ряда препятствий, основное из которых — повышенный фон помех, возникающий в снежно-фирновой толще после взрыва (так называемый сейсмический гул). О. Г. Сорохтин нашел пути эффективной борьбы с этим явлением<sup>1</sup>.

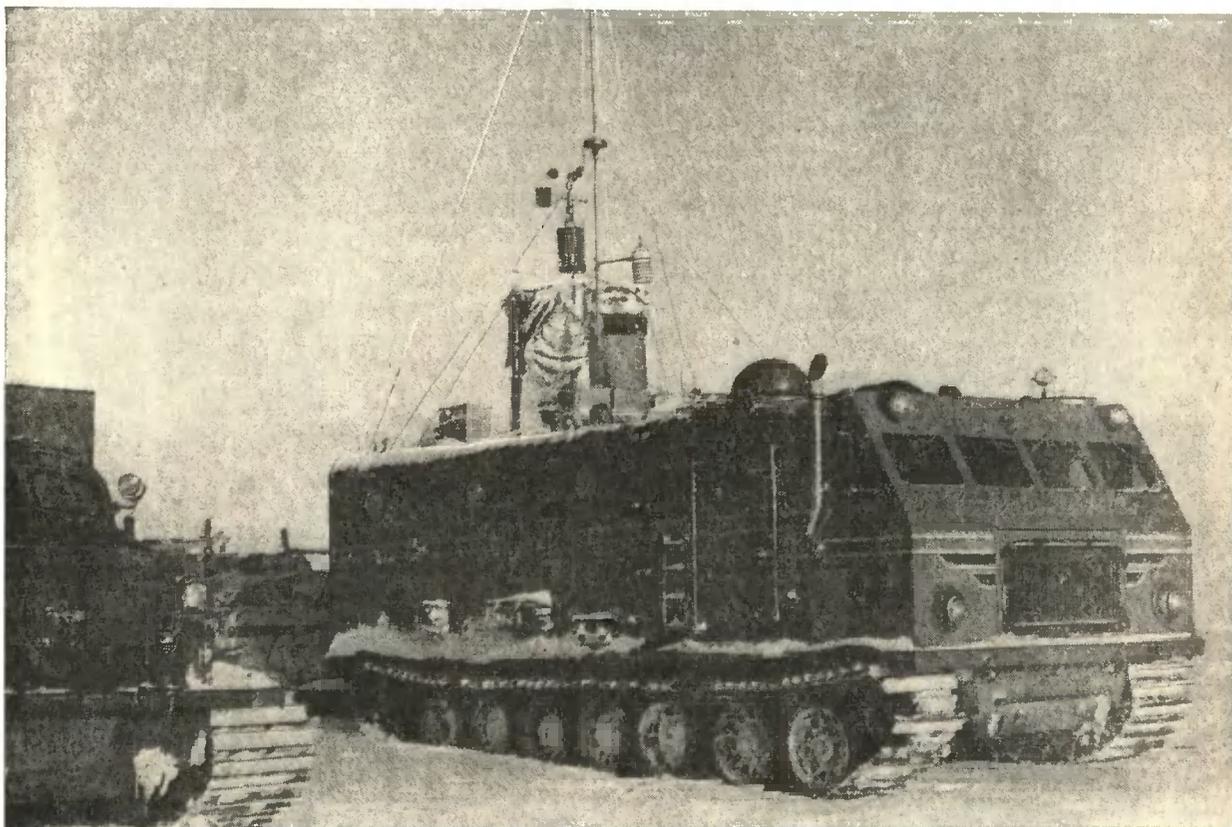
<sup>1</sup> Он переделал сейсмостанцию, введя в нее дополнительные фильтры, позволявшие срезать колебания с частотой менее 150 гц, т. е. как раз те частоты, на которых идет возникновение фона помех. Регистрация же отраженной волны идет на частотах более 150 гц. Заряд взрывчатки надо размещать в скважине глубиной не менее 40 м, что также ведет к ослаблению фона помех и усилению отраженной от коренного ложа ледника волны.

Необходимо было также настроить станцию, провести некоторые пробные работы и проверить ряд усовершенствований, которые собирались ввести. Инженер Н. И. Казарин налаживал буровой станок УРБ-1, который обычно бурил на глубину до 30 м. Н. И. Казарин добился возможности углубить скважины до 60 м.

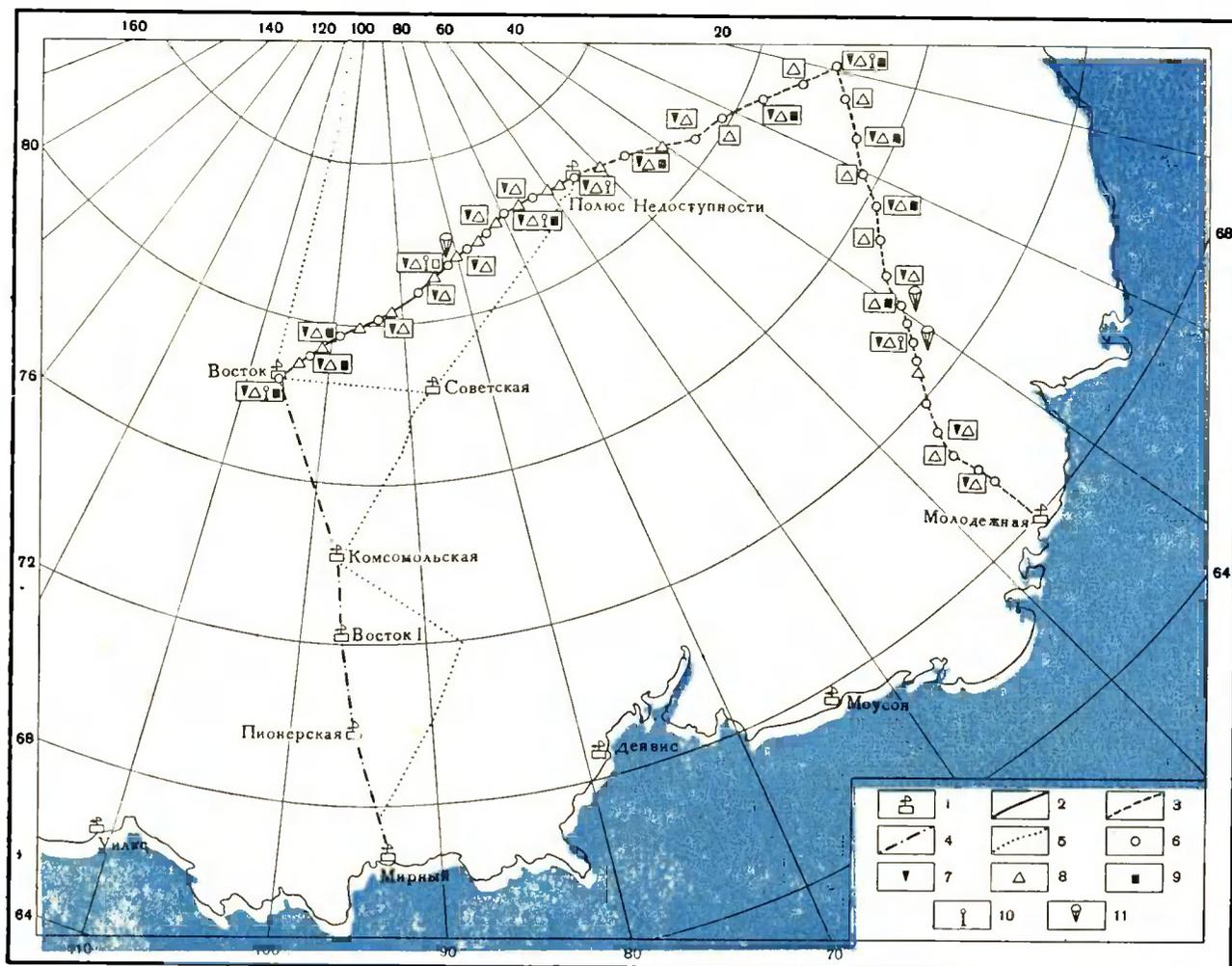
Пока шла подготовка научного оборудования, к ст. Восток приближался санно-гусеничный поезд, вышедший из Мирного в начале ноября. 24 декабря 1963 г. шесть тягачей поезда доставили необходимое для предстоящей зимовки на ст. Восток и похода горючее.

На следующий день началась подготовка техники. Были выбраны два тяжелых снегоходных гусеничных тягача «Харьковчанка» №№ 22 и 23. Эти мощные машины оборудованы специально для внутриконтинентальных походов. В их кузове построены просторные

помещения, в которых размещается штурманская и водительская рубка, салон, где смонтирована научная аппаратура, есть электрокухня, радиорубка, туалет, два тамбура. Здесь живет 6 участников похода. На обоих тягачах есть коротковолновые радиостанции, магнитный и гирополукомпас, астрономический и радиокомпас. Водитель может вести эти машины вслепую. За тягачами должны были идти сани, груженные горючим, продовольствием, научным оборудованием, запасными частями, взрывчаткой и т. д. В кузове третьего тягача был оборудован дом с электрокухней и электростанцией мощностью 12 кВт для обслуживания электроплиты и нужд поезда на стоянках. Этот тягач (№ 15) также был оборудован радиостанцией и компасом для навигационных нужд. На прицепе у него находились одни сани с горючим, а на крыше сооружен шестигранник защиты для геодезических приборов.



«Харьковчанка» № 23. На крыше виден шестигранник защиты для размещения геодезических приборов. На мачте — датчики дистанционной метеостанции



Карта-схема выполненных работ во время похода Восток — Молодежная: научные станции (1); геодезический ход с радиооптическим нивелированием, сопровождаемый гравиметрическими и геомагнитными измерениями (2); барометрический ход, сопровождаемый гравиметрическими и геомагнитными измерениями (3); транспортный поход по доставке горючего из Мирного на ст. Восток (4); научные санно-гусеничные походы прежних лет (5); астропункты (6); точки с сейсмическими измерениями (7); абсолютные магнитные пункты (8); гляциологические шурфы (9); скважины с температурными измерениями (10); места сброса горючего самолетами (11)

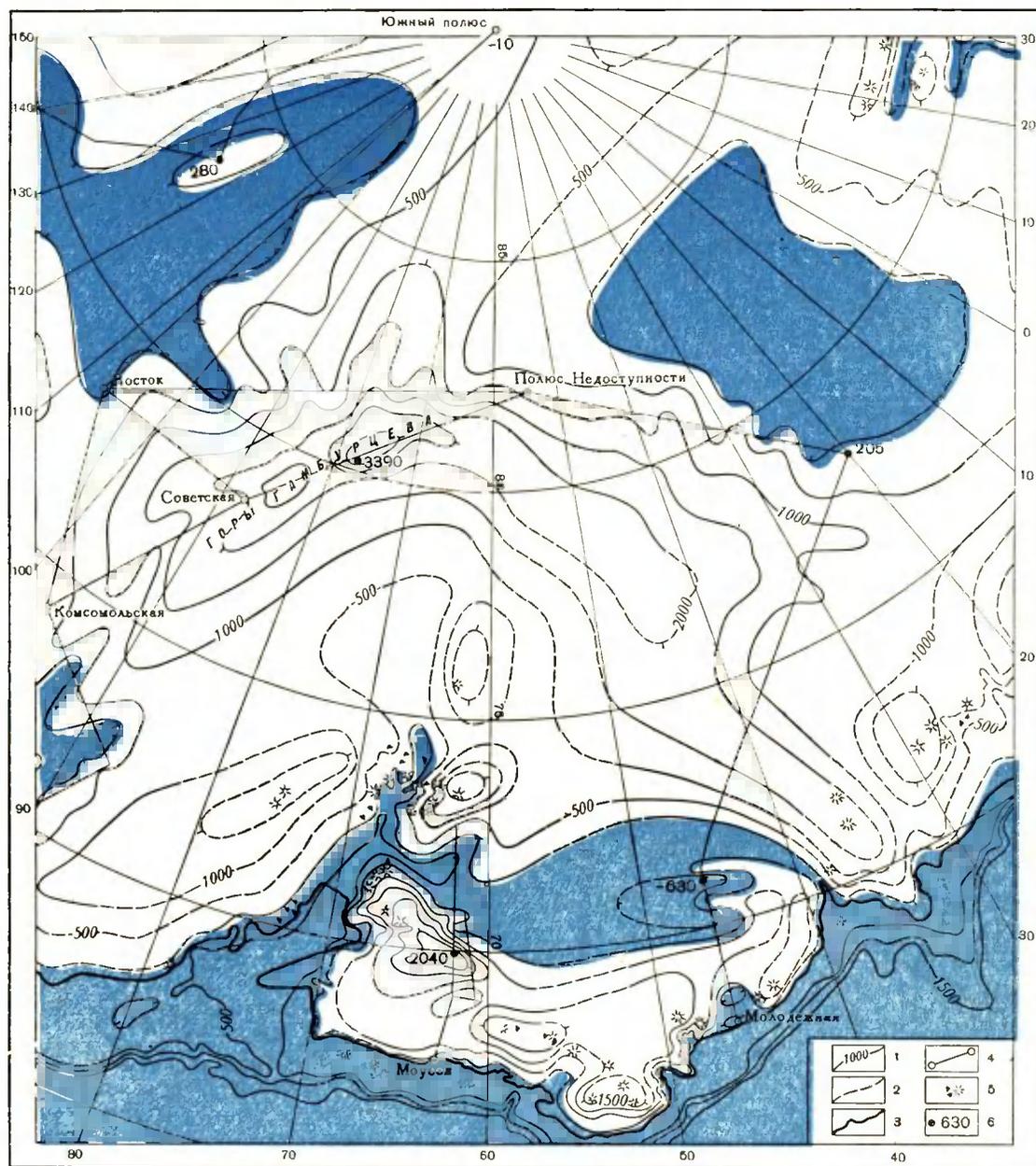
После прибытия тягачей №№ 15 и 22 из Мирного на них начался монтаж оборудования: блоков усилителей, осциллографа сейсмостанции СС-24-II и блоков питания. На тягаче № 12, который находился на ст. Восток с 1959 г., были смонтированы дистанционная метеостанция и пульт регистрации актинометрических приборов.

3 января 1964 г. поезд был готов к выходу<sup>1</sup>. Большинство участников похода уже имели опыт внутриконтинентальных походов,

<sup>1</sup> В походе участвовало 16 человек: А. П. Капица — начальник похода (сейсмозащита, термоизмерения); А. Н. Лебедев — заместитель началь-

дов, а 9 человек зимовали в Антарктиде и к этому моменту провели в ней уже год.

ника (инженер по транспортной технике, водитель); О. Г. Сорохтин — научный сотрудник (сейсмозащита, термоизмерения); Ю. Г. Бугаев — научный сотрудник (геодезия, гравиметрия, навигация); Э. И. Сафонов — научный сотрудник (геодезия, астрономия, навигация); В. К. Ноздрюхин — научный сотрудник (гляциология, метеорология); Г. Г. Сакунов — научный сотрудник (актинометрия, метеорология); В. А. Казарин — инженер-магнитолог; Н. И. Казарин — инженер по бурению; С. Г. Ковтанюк — техник (радио, магнитология); Н. В. Савельев — врач, повар; Н. С. Боровский, А. С. Куцделев, А. Г. Темляков, И. С. Ушаков, П. Н. Шулепин — механики-водители.



Карта подледного рельефа Центрального сектора Восточной Антарктиды (составили Л. И. Ива-  
шутина, А. П. Капица, О. Г. Сорохтин): горизонтали (1); предполагаемые горизонтали (2); бере-  
говая линия Антарктиды (3); маршруты научных походов (4); выходы горных пород на поверх-  
ность ледника (5); отметки высот подледного ложа (6)

### В ПУТИ

3 января два тягача №№ 23 и 15, обо-  
рудованные для ведения геодезических, гля-  
циологических, метеорологических, актино-  
метрических и гравиметрических наблюде-  
ний, вышли со ст. Восток, держа курс на

Полюс Относительной Недоступности. 6 ян-  
варя вслед за первыми двумя вышел тягач  
№ 22, оборудованный для производства  
сейсмомониторинга, геомагнитных и тер-  
мических наблюдений.

Сразу же поезд попал в область рыхлых

снегов. Колея, оставляемая тягачами, достигала 60 см глубины. Вскоре начался подъем.

Санно-гусеничный поезд практически состоял из двух частей. Геодезическая часть поезда — две машины двигались медленно. Они останавливались на расстоянии 10—13 км друг от друга и производили измерения расстояния и угла наклона между ними. После этого передний тягач оставался на месте, а другой проходил вперед и снова останавливался в 10—13 км от первого. В течение 5—6 час., пока задний тягач проходил вперед, на другом тягаче проводились гравиметрические наблюдения, откапывался гляциологический шурф, в котором послойно измеряли твердости, плотности и вели структурное описание снега на глубину до 3 м. А когда подходил срок метеорологических или актинометрических наблюдений, устанавливались на специальной стойке альбедометр, пиранометр и пергелиометр, по которым определялись величина радиа-

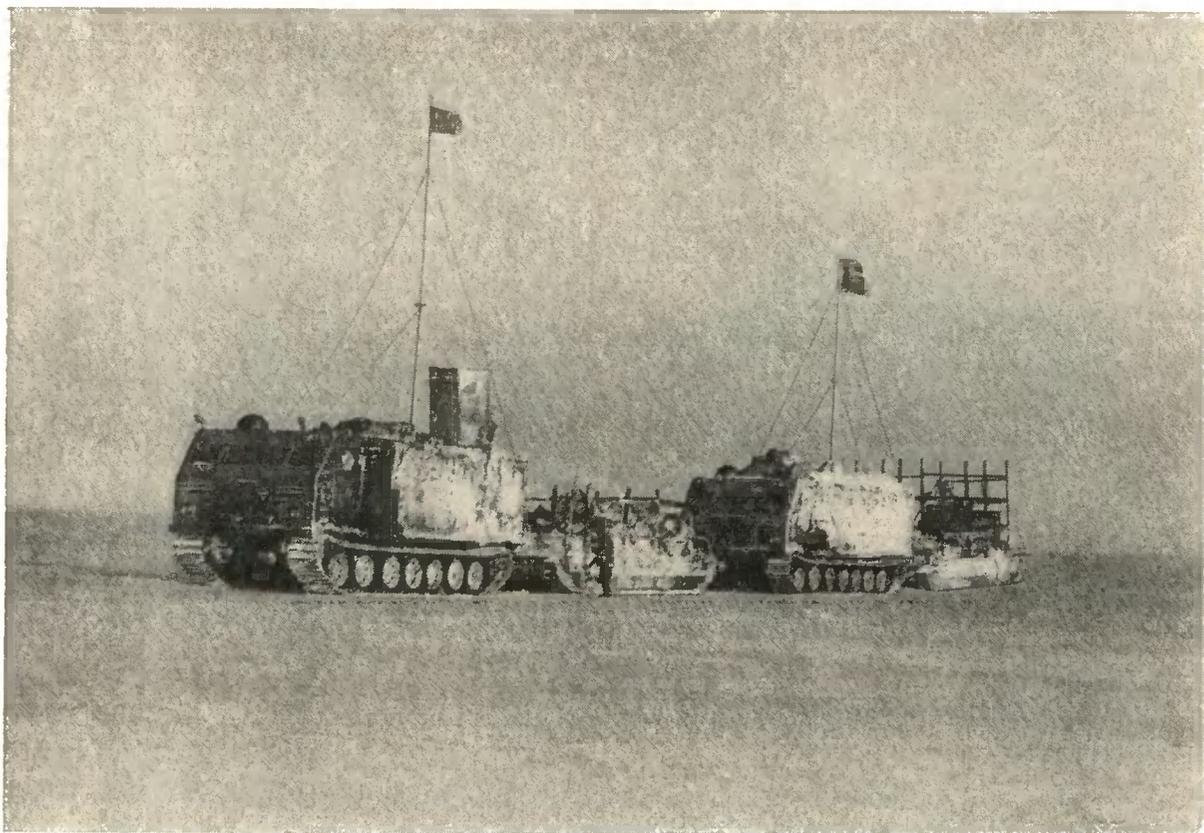
ции (отраженной, прямой, рассеянной) и баланс солнечной радиации.

Метеорологические наблюдения, как и актинометрические, проводились четыре раза в сутки. Измерялись температура, влажность, давление воздуха, сила и направление ветра, регистрировалась видимость, облачность, атмосферные явления. Дважды в сутки метеоданные передавались в синоптические бюро Мирного для учета при составлении карт и прогнозов.

Вторая часть санно-гусеничного поезда — тягач № 22 двигался значительно быстрее. Через каждые 20 км он делал только 20-минутные остановки для измерения вертикальной составляющей и полного вектора магнитного поля. Последняя величина измерялась при помощи протонного магнитометра, которым оперировал радиотехник С. Г. Ковтанюк. Через 50—60 км производились двухчасовые остановки для наблюдений по программе абсолютных геомагнитных пунктов и определялась величина склонения магнит-



«Харьковчанка» № 22 пришла на ст. Полюс Недоступности



«Харьковчанки» № 22 и 23 на марше

ного поля. Через 100 км тягач № 22 останавливался для производства сейсмических измерений, на них уходило 10—12 часов. Сначала бурилась скважина на глубину до 40—45 м, куда закладывалась взрывчатка. Сейсмоприемники располагались на профиле протяженностью 460 м (с интервалом 20 м). Было обнаружено, что если устанавливать приемники в след, оставленный тягачом, то фон помех значительно снижается. Во время серии взрывов регистрировалось время пробега волны до скального ложа и обратно<sup>1</sup>. Через каждые 500 км в буровую скважину опускалась гирлянда платиновых термометров сопротивления, которые выставлялись в скважине 2—3 суток. Измерение сопротивления платиновых термометров (четырёхпроводная схема полностью исключала

<sup>1</sup> Скорость распространения сейсмических волн во льду была измерена в предыдущих экспедициях и принималась равной 3800 м/сек. Произведение половины времени пробега волны на скорость, с учетом поправки на глубину скважины, давали глубину до ледникового ложа.

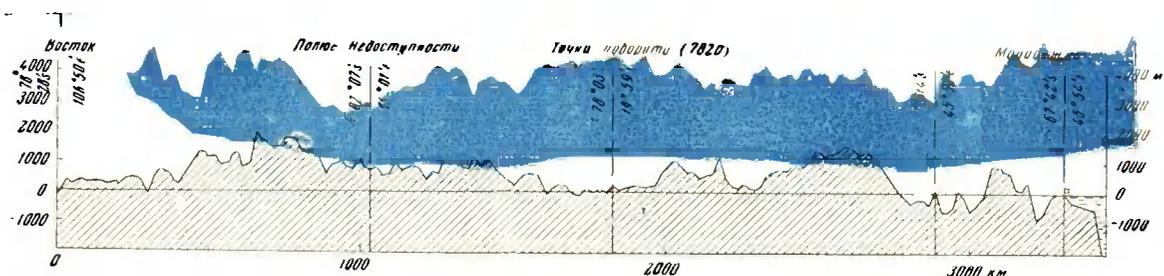
влияние проводов) позволяло получить данные о температуре льда на горизонтах через 5 м до глубины 40—45 м.

Движение поезда двумя группами чрезвычайно удобно. Через 6—8 час. после того, как пройдет первый тягач, след становится в два-три раза тверже окружающего снежного покрова и поэтому следующим тягачам легче двигаться.

#### К ПОЛЮСУ НЕДОСТУПНОСТИ И СТАНЦИИ, МОЛОДЕЖНАЯ

17 января поезд прибыл на точку, расположенную в 500 км от ст. Восток. Здесь намечалась трехдневная стоянка для научных наблюдений и пополнения запасов бензина<sup>1</sup>. 20 января поезд двинулся дальше, а 23 самолет снова прилетел и сбросил

<sup>1</sup> У нас было мало бензина для силовой установки камбуза и бурового станка. Автобензин был доставлен в Антарктиду на кораблях 15 января, и теперь самолеты должны были сбросить нам 6 бочек с горючим.



Разрез ледникового покрова по маршруту ст. Восток — ст. Полюс Недоступности — точка с координатами  $78^{\circ}$  ю. ш.  $20^{\circ}$  в. д. — ст. Молодежная. Составили А. П. Капица, О. Г. Сорохтин

два парашюта со свежими овощами и фруктами. Продолжая преодолевать подъем, 24 января мы достигли наивысшей точки ледяного купола — 3997 м над ур. м. Отсюда пошел спуск к Полюсу Недоступности. Снег по-прежнему оставался рыхлым, погода, которая до сих пор нам благоприятствовала, стала портиться. Появилась облачность, ветер, достигавший скорости 8 м/сек, поднимал поземок, по поверхности ледника ползли облака, и когда тягач попадал в такой туман, видимость сокращалась до 50 м. Все это сильно мешало геодезическим наблюдениям.

1 февраля тягач № 22 вышел на станцию Полюс Недоступности, а в ожидании улучшения видимости в 100 км от него стояла геодезическая часть поезда. Только 4 февраля ей удалось достигнуть станции. Началась осенняя погода, ожидать улучшения видимости не приходилось, поэтому радиооптическую нивелировку пришлось прекратить.

Станция Полюс Недоступности основана в 1958 г. во время похода 3-й Советской антарктической экспедиции к Полюсу Относительной Недоступности. Здание станции представляет собой небольшой домик, оборудованный электростанцией, камбузом, радиостанцией и жилым местом на 5—6 человек. В нем — запас продовольствия на 3—4 месяца и небольшое количество топлива. Буровой станок, также размещенный в помещении станции, был в полном порядке. На вышке бурового станка установлен бюст В. И. Ленина. Около станции оборудована метеоплощадка, буровая скважина для наблюдений над температурой. Станция была расконсервирована и функционировала 6 дней.

6 февраля, вновь законсервировав станцию Полюс Недоступности, поезд двинулся дальше, держа курс на центр белого пятна Земли Королевы Мод.

Прекращение геодезических работ позволило поезду двигаться значительно быстрее, чем раньше. Сейсмические измерения на этом этапе производились через 150—200 км, и 14 февраля поезд достиг намеченной точки поворота с координатами  $78^{\circ}03'$  ю. ш. и  $19^{\circ}59'$  в. д.

Отсюда после двухсуточной стоянки, 16 февраля, поезд взял курс на ст. Молодежная. В связи с прекращением геодезического нивелирования, высота поверхности ледникового покрова определялась при помощи синхронного барометрического нивелирования<sup>1</sup>.

На всем пути от ст. Восток в точках сейсмического зондирования и в точках, где стоянки превышали 5 час., проводились астрономические наблюдения для точного определения координат. Весь путь поезда и его опорные пункты наблюдений были закреплены на местности специальными пирамидами — гурьями — из пустых бочек, которые, учитывая скорость накопления снега в этих местах, просуществуют 20—30 лет.

Поезд продолжал двигаться на высоте около 3500 м над ур. м.

22 февраля санно-гусеничный поезд достиг точки с координатами  $73^{\circ}49'$  ю. ш.  $40^{\circ}04'$  в. д., расположенной в 700 км от ст. Молодежная. Здесь кончилось горючее, оставался только неприкосновенный его запас для укатки аэродрома и прогрева и отопления машин. Сюда самолеты, базируясь на ст. Молодежная, должны были сбросить нам горючее. Но в условиях наступавшей

<sup>1</sup> Два тягача №№ 23 и 15 двигались с интервалом в 10 км. Одновременно останавливаясь, они брали отсчет по трем anerойдам в каждом тягаче, связь по радио обеспечивала контроль за отсчетом и синхронность наблюдений. После этого задний тягач занимал место переднего, отмеченное на местности флажком, передний уходил на 10 км вперед, и измерения повторялись.

зимы погода долго не давала возможности это сделать. Наконец 4 марта был проведен первый сброс и после пополнения поезда горючим мы сразу сместились на 50 км, а сбросы, проведенные 6, 12 и 13 марта, гарантировали дальнейшее продвижение к ст. Молодежная.

15 марта поезд вышел на меридиан ст. Молодежная в 350 км к северу от нее. Отсюда предстояло идти через зону трещин. Самолет ЛИ-2 обеспечил разведку района с воздуха, снабдив поезд картой расположения трещин. Одновременно со ст. Молодежная вышел встречный тягач, который должен был провести разведку дороги на 200 км к югу от станции. При помощи авиавизуальной разведки, обеспечиваемой с борта самолета ЛИ-2, этот поезд, возглавляемый В. Мальцевым, к 19 марта достиг точки с координатами  $69^{\circ}24'$  и  $45^{\circ}57'$  в. д., отметив свой путь специальными бамбуковыми шестами и бочками. Здесь оба поезда встретились.

Последние 200 км через район трещин проходили в очень сложных метеорологических условиях. 20 марта, двигаясь в узком коридоре между трещин, тягачи столкнулись с неприятным оптическим эффектом «белая мгла». Плотная облачность пропускала только рассеянный свет, при котором полностью отсутствуют тени. Поверхность ледника перестает быть видимой и создается впечатление, что тягач «парит» в воздухе. След недавно прошедшего здесь тягача, по которому ориентировались водители, не был виден. Использование гирокомпаса было невозможно из-за беспомощности астрокомпаса, который в условиях плотной облачности не мог дать истинный курс. Только благодаря опыту водителей в этот день было пройдено около 100 км.

21 января началась сильная метель. Ветер достигал 30 м/сек, видимость сократилась до нескольких метров. Поезд простоял около 12 час. и, дождавшись некоторого улучшения видимости, снова двинулся вперед. Вечером того же дня он благополучно прибыл на ст. Молодежная, закончив поход протяженностью в 3320 км. Этот путь был пройден за 78 дней со средней скоростью 42,5 км в сутки.

На всем протяжении маршрута выполнялась сложная программа комплексного изучения ледникового покрова, атмосферы, магнитного и гравитационного поля Земли. Остановимся на некоторых результатах научных наблюдений и проведенных исследований.

## НОВЫЙ ГОРНЫЙ ХРЕБЕТ

В результате радиогодезической и барометрической нивелировки на всем протяжении маршрута построен профиль поверхности ледникового покрова. Каковы же были результаты сейсмического зондирования и какие данные получены при определении толщины ледникового покрова по данным гравиметрической съемки?

Нами было выполнено сейсмическое зондирование в 21 точке в среднем через 150 км. В промежуточных между сейсмическими точками определение производилось по данным гравиметрических наблюдений. Для этого сначала вычислялась аномалия Фая, причем для определения нормальной силы тяжести был использован эллипсоид Кассениса, так как он в Южном полушарии лучше соответствует геоиду, чем эллипсоид Гельмерта. Аномалия Фая вычислялась для всех точек, где проводились гравиметрические наблюдения, т. е. по всему маршруту, в среднем через 20 км. В точках сейсмозондирования, где также производились гравиметрические наблюдения, вычислялась аномалия Буге, при этом средняя плотность льда принималась равной  $0,9 \text{ г/см}^3$ , а коренных пород —  $2,67 \text{ г/см}^3$ . В промежутках между сейсмическими точками аномалия Буге определялась при помощи линейной интерполяции между опорными точками. Для исключения регионального гравитационного фона вычисление толщины ледникового покрова производилось по разнице аномалий Фая и Буге. В результате были получены данные о толщине ледникового покрова для 170 точек. Все эти точки нанесены на профиль.

На полученном разрезе видно повышение поверхности ледника до 3997 м, а дальше вырисовывается склон в сторону Полюса Недоступности. Высота ст. Полюс Недоступности была определена радиооптическим путем — 3718 м над ур. м. Учитывая точность нивелировки на этом участке и то, что она сопровождалась гравиметрическими определениями, по-видимому, эти данные можно будет использовать для расчета формы геоида.

Максимальным высотам на поверхности ледникового покрова соответствуют максимальные поднятия ложа до высоты 2000 м над ур.м. Это поднятие является отрогами подледных гор Гамбурцева, открытых О. Г. Сорохтиным в 1958 г. и расположенных к северу от нашего маршрута. На участке

от ст. Восток до 300-го км прослеживается всхолмленная равнина с высотами 300—400 м над ур. м., которая служит продолжением равнины, открытой автором еще в 1959 г. и тянувшейся вплоть до Южного полюса.

От Полюса Недоступности поверхность ледникового покрова медленно опускается в сторону Земли Королевы Мод и в местах поворота нашего маршрута достигает минимального значения (3195 м над ур. м.). Подледное ложе на этом участке также носит характер горной страны с высотами до 1200 м, только в 200 км от точки поворота подледное ложе принимает характер равнины с высотами, близкими к уровню моря. Ряд косвенных признаков указывает на то, что на этой части маршрута мы шли над отрогами горного хребта, ось которого расположена к северо-востоку от нашего пути и вытянута параллельно маршруту. Стоковые ветры и заструги в этой части пути имели северную ориентацию, а если учесть отклонение ветра под влиянием сил Кориолиса, то это было прямым указанием на то, что к северо-востоку от нас находится поднятие. Кроме этого, постоянство направления ветра на всем участке пути от Полюса Недоступности до точки поворота свидетельствовало о том, что поднятие вытянуто вдоль маршрута. После поворота почти на 90° в сторону этого поднятия мы скоро оказались на высоте 3500 м над ур. м. Этому повышению поверхности соответствует поднятие ложа до 1500 м над ур. м. Таким образом, было подтверждено существование горного хребта, тянувшегося от гор Гамбурцева в сторону побережья.

Дальше начинается довольно крутой склон к морю и хотя подледное ложе имеет глубокие впадины до 800 м ниже ур. м. и поднятия до 900 м над ур. м., на поверхности ледникового покрова это почти не сказывается. Такие глубокие каньоны и вершины типичны для береговых зон побережья и связаны с блоковыми нарушениями краевой зоны платформы.

На основании полученных данных О. Сорхтиным, Л. Ивашутиной и автором была составлена карта рельефа подледного ложа ледникового покрова в этом секторе Антарктиды.

При анализе существующего картографического материала нетрудно заметить, что обнаруженный горный хребет выходит на побережье в районе полуострова Кука и имеет продолжение в море в виде подводной банки Гуннерс.

Одной из важных характеристик горной системы служит то, что аномалия силы тяжести Буге под горами Гамбурцева, хребтом, идущим в сторону полуострова Кука, и в районе банки Гуннерс (по данным морских исследований) указывает на утолщение земной коры, т. е. свидетельствует о существовании «корней» гор. Горное сооружение имеет выходы на поверхность в виде гор, наблюдавшихся в 1937 г.<sup>1</sup> Изучая эти выходы, мы можем получить данные о геологическом строении этих гор и решить вопрос о тектонике и геологии подледных горных сооружений центральных районов Антарктиды, о структуре которых до сих пор мы могли строить только гипотезы.

Находящаяся к западу от этих гор обширная равнина, по нашему мнению, может быть частью равнины, расположенной к юго-западу от гор Земли Королевы Мод.

Долина МГГ ранее гипотетически протягивалась далеко в глубь Антарктиды. Новые исследования показали, что она кончается в виде обширного цирка-ледосбора, куда собирается лед, стекающий с восточных и северных склонов горной системы.

Главный Восточно-Антарктический ледораздел следует теперь проводить вдоль вновь открытого горного хребта. По-видимому, часть льда стекает с него в долину МГГ, а часть — на запад в сторону моря Уэдделла. Эти изменения заставляют пересмотреть полученные ранее отметки поверхности ледникового покрова порядка 4000 м над ур. м. к югу от гор Земли Королевы Мод (они были открыты германской экспедицией в 1939 г.). Трудно предположить, что ледниковый покров на расстоянии всего 500—600 км может подняться с 3200 м до таких гигантских высот, которые он имеет только в центральных районах Восточной Антарктиды.

Гляциологические наблюдения, выполненные в походе, требуют более детальной и тщательной обработки. Особенный интерес представляют наблюдения над микрорельефом поверхности. Заструги и надувы, формирующиеся под влиянием стоковых и циклонических ветров, — это хороший индикатор таких элементов рельефа, как направление склона. Твердость ветровых досок, т. е. плотного верхнего слоя снега, свидетельствует о скоростях ветра. Все наблюдения, выполненные при регистрации характерис-

<sup>1</sup> Так называются горы на карте.

тик поверхности, чрезвычайно важны для определения проходимости наземного транспорта и посадок самолетов.

Произведенные измерения температур снежного покрова в скважинах позволяют определить полюс холода Антарктиды на вершине купола. Измерение температур снега на глубине 15 м, т. е. там, где затухают годовые волны колебания температур, практически дают нам величину средней многолетней температуры. В точке с координатами  $82^{\circ}12'$  ю. ш. и  $69^{\circ}44'$  в. д., на высоте 3933 м над ур. м температура на горизонте 10 м составила  $60^{\circ}$ , на 15 м —  $59,2^{\circ}$ , а на 20 м —  $59,3^{\circ}$  ниже нуля. Если сравнить эти данные со средней многолетней температурой, по данным скважины на ст. Восток, то на этих же горизонтах в описываемой точке она на два-три градуса ниже. Сейчас можно ориентировочно сказать (по аналогии со ст. Восток), что в самые холодные годы, например в 1960 г., в этой точке минимальные температуры воздуха в течение года могут достигать  $-95^{\circ}$ . В то же время вертикальный градиент средних многолетних температур оказался значительно меньше, чем предполагалось раньше. На 450 м изменения высоты средняя многолетняя температура изменилась всего на  $3^{\circ}$ , что дает величину вертикального градиента  $-0,66^{\circ}$  на каждые 100 м подлеме.

Магнитные наблюдения в маршруте показали, что величина склонения, рассчитанная для этих районов, отличается от истинной на величину до  $3^{\circ}$ , причем отклонения от расчетной величины носят различный знак. Это, безусловно, должно быть учтено при полетах над внутриконтинентальными районами. Данные по вертикальной составляющей и полному вектору магнитного

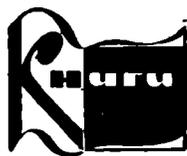
поля обрабатываются, поэтому сейчас рано делать даже предварительные выводы.

Метеорологические и актинометрические наблюдения, выполненные в походе, представляют значительный интерес. Наблюдения на ст. Полюс Недоступности показали, что даже в условиях позднего лета здесь бывают снегопады, сплошная облачность, общие метели — погода необычная для наших представлений о центральных районах с их антициклональными условиями.

Большим достижением похода надо считать его комплексность и применение для наблюдений новой современной аппаратуры. Впервые в советских антарктических экспедициях применялись радиодальномеры и протонные магнитомеры, хорошо зарекомендовавшие себя в трудных условиях внутриконтинентального похода. Собранные в походе материалы будут учтены в Атласе Антарктиды, где до сих пор районы Земли Королевы Мод представляли собой обширные белые пятна. Теперь их можно заполнить.

С организационной стороны чрезвычайно важен для советской экспедиции опыт проведения таких внутриконтинентальных походов силами научных работников сезонной экспедиции. Это стало возможным только благодаря доставке научного состава экспедиции в Антарктиду тяжелыми самолетами ИЛ-18 к началу антарктического лета. Другой важный вывод — открытие безопасного выхода с ледникового купола на ст. Молодежная через зону трещин. Этот путь проходим в любое время года, что делает ст. Молодежную важной опорной базой для следующих внутриконтинентальных походов в центральный сектор Восточной Антарктиды.

УДК 599



Н. П. Йорш

### ПЧЕЛЫ — КРЫЛАТЫЕ ФАРМАЦЕВТЫ

Изд-во «Наука», 1964, 157 стр.,  
ц. 30 коп.

Цель этой интересной книжки — показать, какое большое значение для здоровья людей,

для продления их работоспособности и, в конечном счете, жизни имеют пчелы и продукты пчеловодства. Автор, известный своими трудами в области медицинского пчеловодства, знакомит читателей с лечебно-профилактическим действием на человеческий организм меда, маточного молочка, пчелиного яда, воска, прополиса (пчелиного клея) и

цветочной пыльцы. Специальная глава посвящена витаминно-лекарственным сортам меда. Подробно описываются целебные свойства пчелиного яда и способы его применения. Интересна идея автора — создать плавучие пасеки, новый своеобразный тип санаториев, в которых люди преклонного возраста смогут укрепить свое здоровье.

# КОТИКИ

С. В. Марков

Киров



Котик-секач

*В северной части Тихого океана и прилегающих морях обитает один из ценнейших представителей ластоногих — северный морской котик, известный со времени освоения Камчатки и Дальнего Востока. В пределах нашей страны сейчас находится три отдельных стада котиков — Командорское, Сахалинское и Курильское. В США обитает наиболее крупное из всех котиковых стад — Прибыловское.*

Морские котики (*Callorhinus ursinus*) принадлежат к семейству ушастых тюленей, все представители которого отличаются от обыкновенных тюленей наличием наружной слуховой раковины и особым передвижением по суше — они подворачивают под себя задние лапы.

Сложная организация жизни котиков удивительна и во многом еще не исследована.

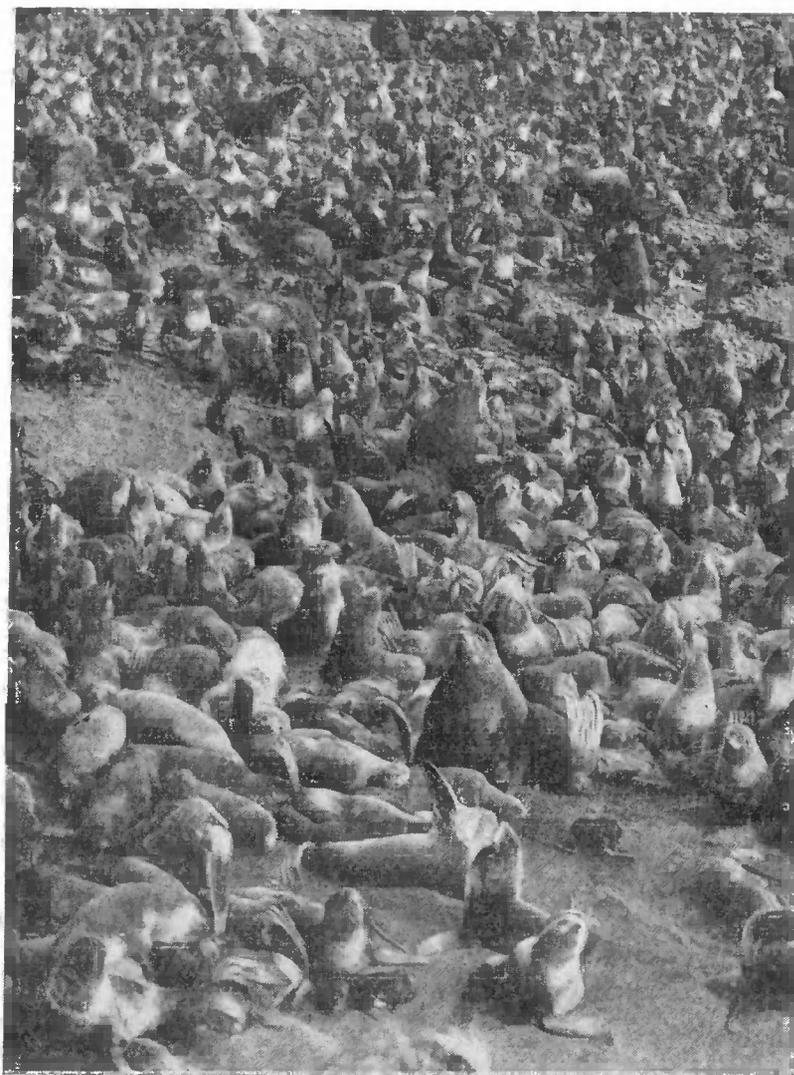
В различные сезоны года они то собираются в огромные стада на береговых лежбищах, то распыляются единицами и мелкими группками по необозримой поверхности океана и морей. В течение года в популяции морских котиков происходят разнообразные перемены: меняется поведение как целых групп, так и отдельных особей. Чтобы наиболее рационально использовать запасы этого ценнейшего животного, необходимо не только знать все эти перемены, но и изучить условия, их вызывающие.

Нам пришлось наблюдать за жизнью морских котиков на Командорских островах в течение десяти лет (1952—1962 гг.).

## СОСТАВ СТАДА И ГОДОВОЙ РАСПОРЯДОК ЖИЗНИ

Внутри каждого котикового стада можно выделить несколько основных группировок, объединенных общими особенностями поведения.

Прежде всего — это группа производителей. Она состоит из секачей (самцы весом до 250 кг и длиной до 215 см) и маток (самки весом до 60 кг и длиной до 150 см). Несмотря на сравнительно раннее наступление половой зрелости (в трехлетнем возрасте), производителями котики становятся значительно позже: самцы на седьмом и самки на пятом-шестом году жизни. В составе непродуцирующей группы находятся не принимающие участия в размножении котики обоих полов — от года и до возраста производителей. Наконец, весьма своеобразное место занимает молодняк — со дня рождения и до года (новорожденный котик весит 3,5—4 кг). Молодняк делится на две основные подгруппы — черненьких (до смены «детского наряда») и серых (после первой линьки).



Гаремы морских котиков. Остров Медный

Все группы морских котиков отличаются четко выраженной сезонностью поведения. Летом большая часть стада поочередно находится то на берегу (на лежбище), то на воде. Зимой животные совершенно не выходят на берег.

Пребывание котиков на лежбищах обусловлено не только сроками размножения, но и другими биологическими явлениями в их жизни — линькой, восстановлением растраченных при размножении сил, подготовкой к зиме и т. д. Котики находятся на берегу (например Командорское стадо) около 7 месяцев (с мая по ноябрь). Остальное вре-

мя года приходится на миграции к местам зимовки у Японских островов, и последующее возвращение к лежбищам. Эта же схема поведения присуща всем остальным стадам северного морского котика. Незначительное различие наблюдается лишь в сроках и районах, в пределах которых происходит это движение.

#### ВНУТРИВИДОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ В ПЕРИОД РАЗМНОЖЕНИЯ

Секачи первыми приплывают после зимовки к берегу и задолго до прихода маток делят лежбища на прочные гаремные участки. К моменту прихода беременных самок (они подходят спустя месяц) на лежбище уже исключаются хаотические перемещения животных. Интересно также, что не секачи формируют гаремы, соревнуясь друг с другом и стараясь набрать побольше маток (как это часто отмечается в литературе), а сами матки вольны в выборе секачей.

Надо сказать, что за секачом с давних пор укрепилась дурная слава «злого гения» котикового лежбища. Причем очень часто этот ярлык на секачей вешали из-за единичных случаев особо агрессивного поведения отдельных особей. Отсюда пошло ходкое выражение — «излишние» секачи. К ним требовалось применять самые жесткие меры, т. е. выбраковку<sup>1</sup>. По наблюдениям последних лет, проведенных над мечеными секачами на о-ве Тюленьем, оказалось, что на гаремном лежбище происходит закономерная смена секачей, причем часть из них

<sup>1</sup> См. Е. К. Суворов. О пушном хозяйстве на Командорских островах. Сборник в честь Н. М. Книповича, 1927; Е. Д. Ильина. Островное звероводство, 1950; С. В. Дорофеев. Советские исследования морских котиков в северной части Тихого океана. «Труды совещаний Ихтиологической комиссии АН СССР», вып. 12, 1961.

иногда временно переходит «отдохнуть» в компанию холостых секачей, не имеющих маток, т. е. тех, которых считают «излишними»<sup>1</sup>. Существовавшие ранее расчеты необходимого для воспроизводства числа секачей базировались на представлении, что они проводят на гаремном лежбище около 3 месяцев, не покидая своего участка. Сейчас на основании мечения выяснилось, что этот срок надо сократить не менее чем в 2 раза, поэтому прежние расчеты оказываются неточными.

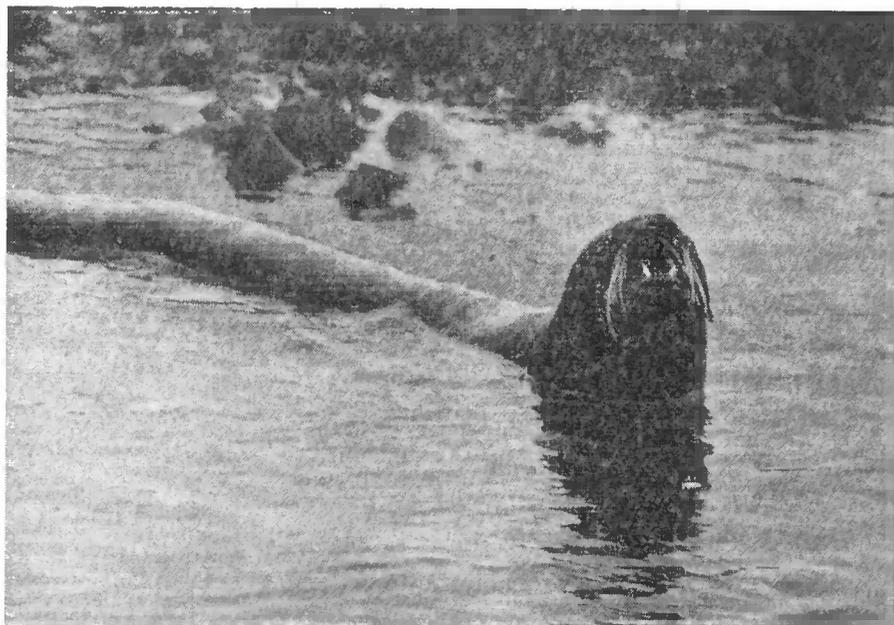
Обычно секачей описывали, как заядлых драчунов. Это не совсем верно. Надо заметить, что во время размножения котика дерутся относительно редко. Очень показательны в этом отношении наблюдения за тем, как гаремные секачи идут в воду и возвращаются назад, на свое место. Спускаются они по прямой и довольно быстро. Для этого им приходится пробираться через участки других гаремов. Чаще всего их владельцы ведут себя спокойно. Когда же спускающегося на воду секача кусают, он старается не оборачиваться. В отдельных случаях, если секач ответит на укусы, возникает потасовка. Надо сказать, что смертельных исходов таких драк нам за многие годы видеть не пришлось. И это понятно: секачи защищены достаточно прочной броней из толстой кожи на шее и загривке, а также слоем жира в 5—6 см. Истощенный же зверь покидает площадку гарема и идет туда, где на побережье отдыхают такие же израсходовавшие свою энергию самцы. Взрослые котики-самцы, не имеющие самок, занимают площадь по краям маточного лежбища, образуя своеобразную оборонительную полосу, через которую хищникам, охотящимся за беззащитным молодняком, довольно трудно пробраться. А опасность эта не исключена для лежбищ, возникших на материковых

побережьях. Известно, например, что на Камчатке медведи норовят пробраться на лежбище сивучей.

Безгаремные и гаремные секачи защищают котиковое стадо и от таких докучливых конкурентов, как сивучи. В 1962 г. автору довелось видеть, как котики-секачи, пользуясь правом хозяина, изгнали с территории лежбища на о-ве Медном несколько сотен сивучей.

Особо хочется сказать о тех обвинениях, которые предъявляются секачам в связи с якобы высокой смертностью маток и молодняка. Действительно, некоторая часть детенышей гибнет под лапами секачей, особенно в неблагоприятных для лежбища местах. Но там, где гаремы находятся на удобных широких пляжах это случается довольно редко.

Надо заметить, что и матки и детеныши умеют приспосабливаться к суе гаремной жизни и избегать встреч с возбужденным владельцем гаремов. В отдельных случаях матка бесстрашно поднимается навстречу разъяренному секачу и прокусывает острыми длинными клыками кожу на его груди, шее или подбородке. Это сразу усмиряет самца. По всей вероятности, более острые, чем у самцов, клыки матки — своеобразное внутривидовое приспособление (по С. А. Се-



Плывущая по мелководью матка морского котика

<sup>1</sup> См. В. А. Бычков, С. В. Дорофеев. О поведении секачей морских котиков в гаремный период их жизни. «Зоология» журнал, вып. 9, 1962.



Матка умиряет раздраженного секача

верцову). Детеныши (черненькие) тоже успешно избегают опасности. В первые дни после появления на свет их активно защищает матка, а когда она уходит кормиться, они скопляются в безопасном месте лежбища. Такие «детские площадки» находятся вне пагубного действия прибоя и опасной сутолоки гаремной жизни. Здесь собирается по несколько сот и даже тысяч детенышей, и лежат они плотной массой, что помогает им сохранить тепло, а это имеет важное значение при низкой температуре и высокой влажности района лежбищ. Подростки и окрепшие детеныши переходят затем ближе к воде и начинают учиться плавать.

Высокая смертность детенышей в первые дни жизни связана, главным образом, с неблагоприятными абиотическими факторами. Так, на лежбищах, где основная часть гаремов размещается в зоне мелководной литорали, в отдельные годы господствуют сильные морские ветры, которые в период мас-

сового щенения вызывают значительную гибель детенышей.

Хочется особо подчеркнуть, что гаремное котиковое лежбище наиболее устойчиво в разгар деторождения. В это время ни секачи, ни основная часть маток не оставляют своих мест, даже если к ним приближается человек. Биологический смысл этого понятен, ибо хаотическое перемещение огромного числа животных привело бы к неминуемой гибели только что родившихся детенышей. Позднее, когда главная масса молодняка окрепнет и станет самостоятельнее, секачи и матки делаются пугливей.

### ОБРАЗОВАНИЕ НОВЫХ ЛЕЖБИЩ

Совершенно особым поведением отличаются неполовозрелые котики. На лежбище эти возрастные группы появляются последовательно: сначала старшие, затем младшие. Последними в сентябре появляются на берегу прошлогодние годовики. Примечательно, что, в отличие от остальных неполовозрелых котиков, они вылезают преимущественно на гаремное лежбище, а рядом с ним. Нам думается, что это в какой-то степени можно объяснить остаточным влечением годовика к месту рождения и к своей матери. В этом отношении крайне интересны наблюдения управляющего о-вом Св. Павла — Шашникова, которые приводит Ю. Симашко. «Увидя мать свою, котик с радостью ползет к ней и ласкается, но мать, равнодушная к ласкам прошлогоднего детеныша, не допускает к себе его, гонит прочь навязчивого, немилосердно кусает»<sup>1</sup>.

Группа неполовозрелых котиков, в целом, по-видимому, играет особенно важную роль в расширении ареала вида. Автору довелось наблюдать, как новые лежбища на Командорских островах возникали на местах скопления неполовозрелых особей. Подобным же путем в начале 20-х годов нашего века на о-ве Медном появилось крупное лежбище Юго-Восточное. Примечательно, что во всех случаях появлению новых лежбищ предшествовали либо ограниченный промысел, либо его полное отсутствие.

По-видимому, появление новых лежбищ морских котиков происходит в два приема. На первом этапе неполовозрелые особи, найдя сравнительно подходящее место, обра-

<sup>1</sup> Ю. Симашко. Русская фауна, ч. II. Спб., 1851.

зуют временную, неустойчивую залежку. К ним постепенно присоединяется еще какое-то число особей. Достигнув половой зрелости, часть первоначально поселившихся на новом месте приступает к размножению, а у остальных побеждает «инстинкт дома» и они возвращаются к местам рождения.

На втором этапе, если новые условия благоприятны и потомство выживает, лежбище становится устойчивым. Правда, на новых лежбищах котика-производители более пугливы, чем на старых, существующих десятилетиями. Поэтому их следует особенно тщательно ограждать от беспокойства.

Закономерности последующего роста новых лежбищ еще не ясны. В некоторых случаях лежбища растут довольно быстро не только за счет воспроизводства, но и за счет прихода особей, случайно оказавшихся близ лежбища (рефлекс подражания).

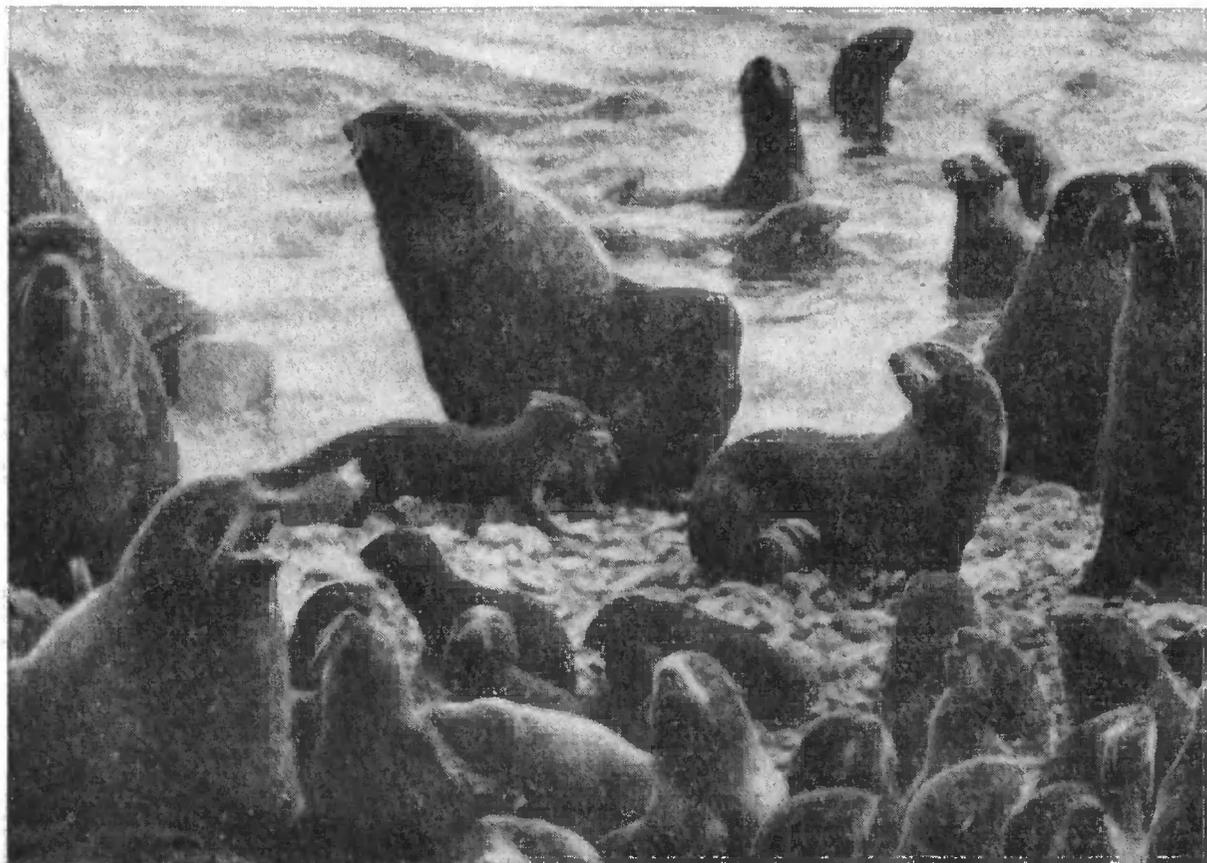
В этом случае, нам думается, особенно важна привлекающая роль котиков-секачей.

#### ПОВЕДЕНИЕ В МОРЕ

Если в период размножения комплектование стада морских котиков приводит к упорядочению внутривидовых отношений, то в море на первый план выступают приспособления межвидового порядка.

Выражается это прежде всего в том, что огромная масса ранее скапливающихся на берегу животных в море распадается на мелкие группы. По наблюдениям американских ученых, главная часть котиков (79%) в местах зимовок держится поодиночке и попарно. Автору этой статьи довелось изучать котиков на миграционном пути с Командорских островов. Все они держались только парами и поодиночке.

Подобную рассредоточенность в море сле-



Санитар котикового лежбища — голубой песец. Он бесстрашно шныряет между котиками, подбирая разные отходы

дует оценить в целом для вида с положительной стороны, ибо она помогает избежать гибельных встреч с косаткой: от небольшой группы котиков шума меньше, чем от крупного скопления. Если же хищники случайно наткнутся на отдельных особей и уничтожат их, то для вида ущерб будет невелик.

Интересно, что за последние 10 лет не было зафиксировано ни одного нападения косаток на морских котиков вблизи их лежбищ, хотя раньше о таких случаях неоднократно сообщалось в литературе.

Не исключена возможность, что косатки в связи с развитием китобойного промысла стали чаще довольствоваться его отходами, подобно тому, как это замечено в последнее время в Антарктике. По крайней мере в бухте Корабельной на о-ве Медном, куда до последних лет за-



Матка котика

ходила китобойная база «Алеута» и где проводилась разделка китов, косатки держались большими стаями почти все лето. В то же время в 15 км от бухты Корабельной возле Юго-Восточного лежбища котиков, несмотря на регулярные тщательные наблюдения они

не отмечались вовсе. Однако сказанное нельзя рассматривать как недооценку опасности этих хищников для морских котиков и других ластоногих. При определенных условиях косатки, возможно, и занимаются ловлей морских котиков, устанавливая «дежурство» близ лежбищ.

Следует отметить, что рассеивание котиков на огромных водных пространствах во время миграций и зимовок облегчает им и добывание пищи, так как мелкая группа меньше распугивает рыбу.



Молодой сивуч-четырёхлетка играет с котиком

Весьма своеобразен режим жизни котиков в морской период. Звери активны лишь в сумеречное и ночное время. Днем они отдыхают. Позы спящих на поверхности моря котиков очень причудливы. Чаще всего они лежат на спине, сложив задние и передние лапы в виде дуги над собой. Вероятно, тем самым снижается теплоотдача.

Нередко нам приходилось наблюдать, как они вертикально поднимали передние лапы, издав далеко по форме напоминающие спинной плавник косатки. Автор был свидетелем того, как опытные промысловики-алеуты не раз принимали из-за этого котиков за косаток. Поэтому вполне вероятно, что часть регистраций косаток близ котиковых лежбищ следует отнести за счет такого «превращения» жертвы в хищника.

В море котиков спасает от влияния низких температур толстый слой подкожного жира и слой воздуха в густой мягкой подушке, которая весь длительный срок пребывания в воде (свыше полугода) не намокает. Это хорошо прослеживается при наблюдении за привалом маток. Только что пришедшим к лежбищу животным достаточно одного движения, чтобы, стряхнув воду, оказаться совершенно сухими.

#### РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Известно, что успешное существование вида определяется двумя важными условиями — высокой абсолютной численностью особей и размещением этой численности на возможно большей территории<sup>1</sup>.

Запасы морских котиков в настоящее время довольно значительны. В этой части благополучие вида не вызывает опасений, тем более, что рост численности заметен на всех лежбищах нашей страны. В то же время места размножения ограничены

четырьмя локализованными участками (если считать одним из них Курильские острова). В нашей стране сейчас три таких района. Без сомнения, в прошлом котики были расселены значительно шире. Нам неизвестны причины сокращения их ареала, но можно предположить, что не последнюю роль здесь сыграла деятельность человека. Ведь по существу, среди ластоногих котики наиболее доступны и легко истребимы. Не случайно все лежбища северного морского котика, сохранившиеся к началу освоения северной части Тихого океана и Берингова моря в XVIII в., размещались лишь на совершенно безлюдных островах.

В наше время, когда охрана морского котика поставлена на прочную основу Международной конвенции, заключенной в 1957 г. между СССР, США, Канадой и Японией, есть полная возможность обеспечить заметное расширение его ареала, создав условия для возникновения новых лежбищ и восстановления истребленных.

Подтверждением того, что ластоногие в сравнительно короткий период могут быстро восстанавливать свою численность и значительно расширять область распространения, служит пример успешного роста запасов ближайшего родича котиков — сивуча. За



Спящий на воде котик. Остров Беринга

<sup>1</sup> См. В. Г. Гелтнер. Вид и ареал. Алма-Ата, 1960.



Научный городок Камчатского отделения ТИНРО близ котикового лежбища. Здесь в период нахождения котиков на берегу ведутся широкие исследования их биологии. Остров Медный

30 лет этот вид, занесенный в списки вымирающих животных, широко расселился только благодаря охране, образовав немало новых лежбищ, а общее поголовье его теперь исчисляется сотнями тысяч.

При существующем порядке промысла, когда из котикового стада часть изымается (самцы-холостяки), а оставшаяся идет лишь на восполнение убывающих производителей, трудно ждать интенсивного освоения котиками новых районов. Кое-где, возможно, и будут возникать отдельные небольшие лежбища, но маловероятно, чтобы они быстро выросли в мощные устойчивые стада. Только достаточно большое число разведчиков-холостяков сможет, по-видимому, решить проблему расширения ареала морских котиков.

Следовательно, в тех случаях, когда необходимо ускорить процесс образования новых лежбищ (в частности, чтобы сократить большую гибель молодняка на таких переполненных лежбищах, как о-в Тюлений), надо пойти на частичное ограничение добычи котиков-холостяков.

Перспектива использования запасов морских котиков еще недостаточно ясна. Пока еще на всех лежбищах применяется трафаретный порядок промысла «холостяков», внедренный уже более ста лет назад. Правда, в него внесены некоторые изменения, и сейчас трудно подорвать запасы или допустить

серьезное нарушение соотношения половых групп внутри стада. Однако мы не знаем и оптимальных условий существования промысливаемой популяции. Ведь каждая популяция морских котиков имеет свои особенности и потому оценка разных групп в развивающемся или стабилизировавшемся стаде может быть различной.

Весь этот комплекс сложных экологических и хозяйственных проблем потребует в ближайшие годы больших усилий для их выяснения. Нет сомнения, что будут найдены наиболее рациональные методы, которые позволят сочетать благополучие этого ценнейшего вида с максимально устойчивым его промыслом.

УДК 599.745

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

**ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЬ ВИРУСА**

Материалы, посвященные 100-летию со дня рождения Д. И. Ивановского

Статьи, воспоминания, обзор современного развития вирусологии

## НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ХИМИИ

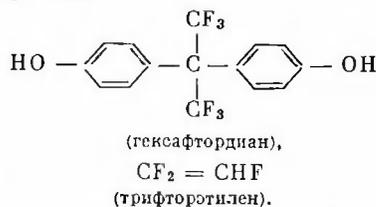
*В павильоне «Химия» Академии наук СССР, открывшемся на ВДНХ, отражены важнейшие достижения советской науки в области химии. Павильон наглядно и доступно показывает интересные, значительные работы, выполненные в институтах Академии наук СССР, академий наук союзных республик, в сотрудничестве с другими организациями, объясняет их теоретическую и практическую важность.*

В основе всех научных и промышленных успехов химии лежит развитие теории строения, реакционной способности, кинетики и катализа. Прогресс химической промышленности всегда был и будет связан с развитием именно этих теоретических основ химии, — так определил акад. Н. Н. Семенов значение этой ведущей проблемы.

Всех, интересующихся применением достижений современной химии, привлекает тема «Таутомерия и двойственная реакционная способность», представленная в павильоне Институтом элементоорганических соединений АН СССР. Работы в этой области связаны с изучением важнейших биологических структур и реакций обмена веществ, с применением химии в народном хозяйстве (красители, полимеры, лекарственные вещества и др.).

Тема того же Института «Химия фторорганических соединений» раскрывается описанием необычных химических и физических свойств фторорганических соединений, вызванных большой электроотрицательностью атома этого элемента. Синтезированы новые типы фторсодержащих мономеров для получения термо- и хемостойких

пластмасс, каучуков, пленок и др., таких например, как



Стереохимия органических реакций изучает закономерности пространственной на-



Общий вид павильона «Химия» АН СССР на ВДНХ

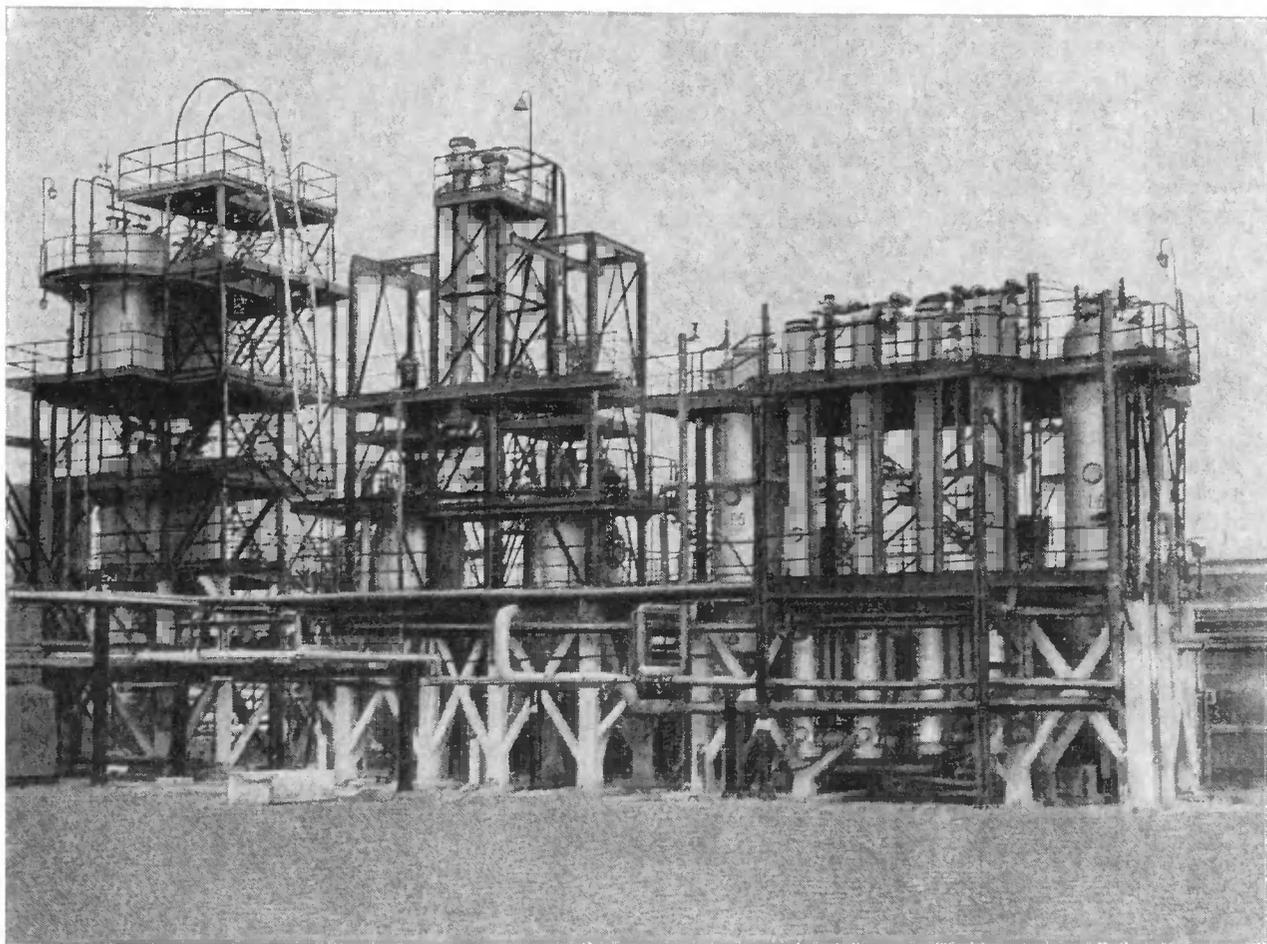
правленности химических реакций; раскрытие этих закономерностей дает возможность синтезировать физиологически активные вещества и другие соединения, свойства которых определяются их пространственным строением. Интересные материалы в этом отношении представлены Институтом органической химии им. Н. Д. Зелинского АН СССР.

На стендах павильона отражена важная проблема современности — «Высокоочищенные вещества»: методы их получения (зонная плавка, хроматография, вакуум-дистилляция и др.) и анализа (спектральный, радиоактивный и т. п.). Эти вещества в настоящее время лежат в основе современной атомной, полупроводниковой, ракетной, плазменной техники.

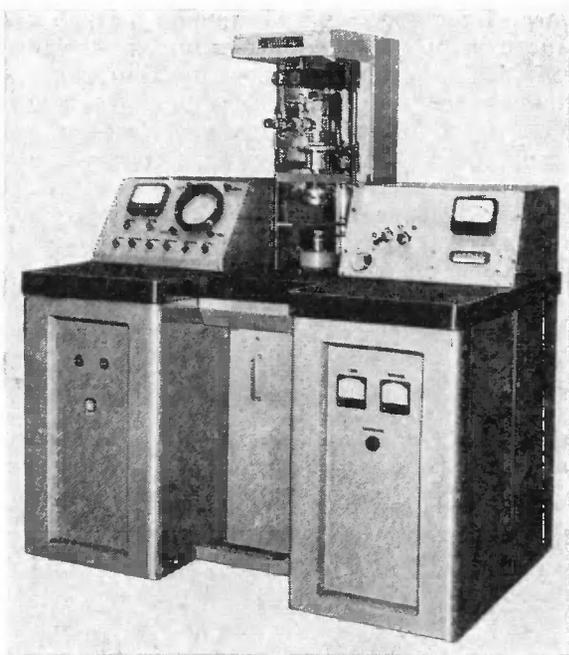
Важнейшую проблему «Химия высокомолекулярных соединений», экспонаты которой

занимают значительную часть первого зала, символизируют структурные формулы поливинилхлорида, полипропилена и полиэтилентерефталата, увеличенные примерно в 100 млн. раз. Здесь интересна работа Института элементоорганических соединений — «полиарилаты». Это — новый тип термостойких полиэфиров, синтезированных на основе двухатомных фенолов и дикарбоновых кислот. По ряду свойств, а именно, по термостойкости и термостабильности они превосходят такие промышленные полиэферы, как лавсан и поликарбонат.

Полиарилаты отличаются высокими диэлектрическими показателями, и в качестве диэлектриков они могут использоваться в большом интервале температур. Эти полимеры найдут широкое применение в электронной, радиотехнической и других областях про-



Опытно-промышленная установка по синтезу полипропилена. Метод разработан Институтом химической физики АН СССР и Московским нефтезаводом Мосгорсовнархоза



Универсальный динамооптиметр

мышленности, в качестве электроизоляционных пленок, теплостойких пластмасс, пенопластов, волокон и т. д.

В Институте химической физики АН СССР ведутся систематические глубокие исследования в области полимеров с системой сопряженных связей. Были синтезированы полимеры различного строения: полиацетилены, полихелатные соединения, полифенилены, полиазофенилены, полиаминоксины и др., которые в ряде случаев обладают не только полупроводниковыми свойствами, но и высокой каталитической активностью в некоторых реакциях.

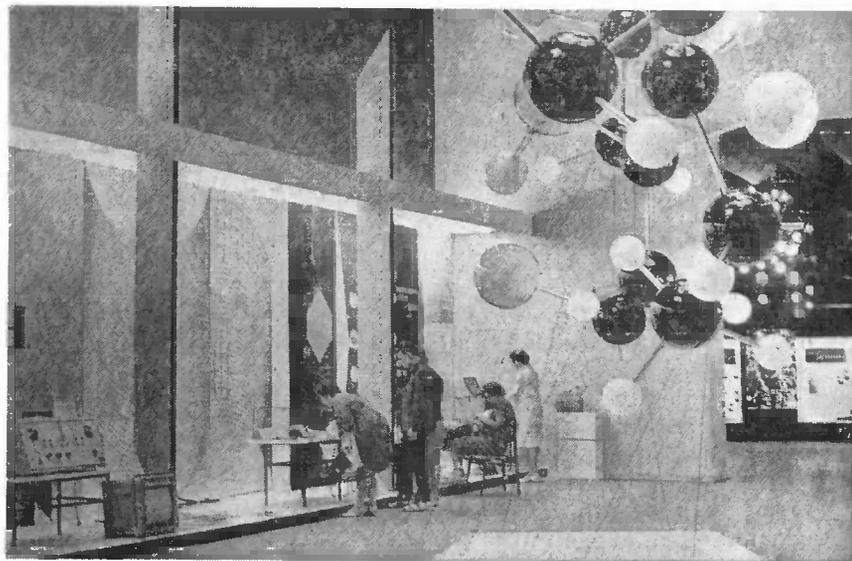
Полимеры с системой сопряженных связей — совершенно новая многообещающая область, развитие исследований в которой представляет большой интерес. Органические полупроводники имеют ряд преимуществ по сравнению с неорганическими, они

отличаются более высокой термостабильностью, дешевизной исходных материалов, незначительным удельным весом. Изучение этих полимеров приведет к важным практическим и теоретическим результатам.

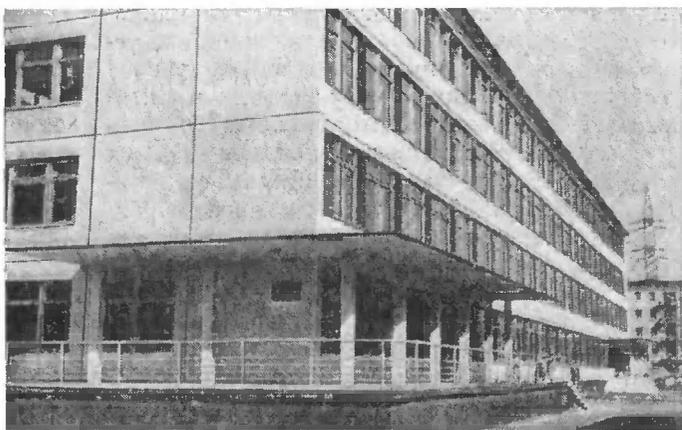
Наряду с изысканием новых полимерных веществ, глубоко изучаются физико-механические свойства уже известных полимеров. В этом отношении заслуживает внимания работа Института нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева АН СССР о кристаллических структурах изотактического полипропилена и их влиянии на механическое поведение полимера. Выяснение условий образования надмолекулярных структур полимеров позволяет сознательно подойти к процессам их переработки.

Институт элементоорганических соединений совместно с Институтом нефтехимического синтеза разработал способ получения 1,10-декандикарбоновой кислоты полимеризацией дивинила на комплексных алюминийорганических катализаторах. Эта кислота с успехом может применяться в качестве пластификатора в производстве пластических масс вместо себаценовой кислоты, получаемой из дефицитного растительного сырья.

Радиационная полимеризация представлена двумя интересными работами, одна из них выполнена в содружестве несколькими институтами АН СССР. Это — синтез привитых комбинированных материалов методом газофазной радиационной полимеризации.



Зал павильона «Высокомолекулярные соединения»



Крупнопанельное здание школы, выстроенное в Ленинграде с применением органосиликатного материала ВН-30 для антикоррозионной защиты закладных частей

При помощи этого метода можно модифицировать полимерные материалы прививкой к ним небольших количеств вещества другой химической природы, получать механически прочные полупроводниковые волокна и минерально-органические ионообменники.

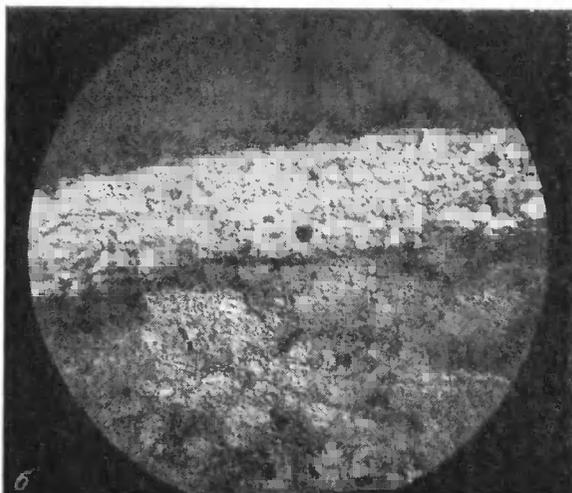
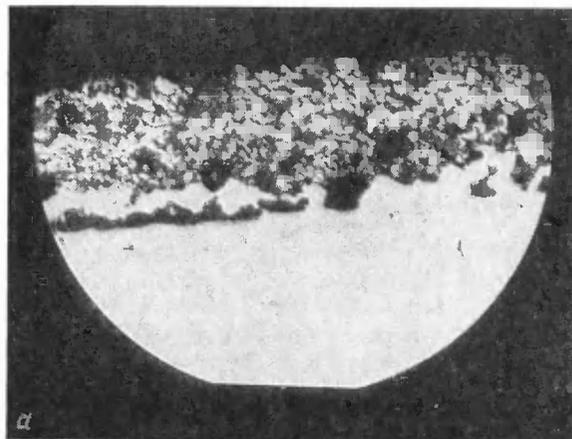
В другой работе (представлена Институтом химической физики АН СССР) «Полимеризация в твердой фазе» показано, что при облучении замороженного мономера, даже при  $-196^{\circ}\text{C}$ , протекает специфическая радиационная полимеризация за счет возникновения возбужденных активных центров. Благодаря полимеризации в твердой фазе можно получать вещества с высокой степенью чистоты, а в ряде случаев и стереоспецифические полимеры.

В области мономеров наиболее интересна работа Института физико-органической химии АН БССР «Циклические мономеры»; в ней раскрыт способ получения циклических мономеров из нефтяного сырья с применением избирательно действующих катализаторов. Таким путем получают гидроперекиси высокой чистоты, непредельные спирты,  $\alpha$ -олефины циклического строения с выходами, достигающими 85—90%. Циклические мономеры можно с успехом использовать для синтеза физиологически активных веществ, ионообменных смол и других полимеров.

Павильон знакомит посетителей с современными методами физико-химических исследований и приборами, созданными в институтах АН СССР. Привлекает внимание универсальный фотоэлектрический динамоопти-

метр. Этот уникальный прибор разработан Институтом высокомолекулярных соединений АН СССР и Химическим факультетом Ленинградского государственного университета. Прибор может быть использован для исследования растворов синтетических и природных полимеров и ранней диагностики вирусных заболеваний растений. Он помог обнаружить ряд новых важных закономерностей, связывающих структурные и оптические свойства макромолекул.

Большой интерес посетителей вызывают очень важные в народнохозяйственном отношении разделы «Ситаллы» и «Тугоплавкие бескислородные соединения». Ситаллы — это новый вид неорганических материалов на основе стекла, их получают методом терми-



Микроструктура стеклометаллического покрытия на сталь-3 (а) и стеклосилицидного покрытия на графит (б). Увеличено в 200 раз

ческой или фотохимической обработки стекол, в состав которых вводятся специальные добавки — минерализаторы, способствующие зарождению кристаллов.

Ситаллы в три раза легче стали; по механической прочности на изгиб и сжатие они в несколько раз превосходят стекло и не уступают стали; по термостойкости превосходят стекло в восемь раз и не уступают плавленному кварцу; по жаростойкости, химической и абразивной устойчивости превосходят специальные сорта стали. Некоторые ситаллы прозрачны и вовсе не подвергаются термическому расширению. Сочетание таких свойств делает этот материал незаменимым в ряде важнейших отраслей техники.

К тугоплавким бескислородным соединениям относятся карбиды, бориды, силициды, алюминиды переходных металлов IV—VI групп периодической системы, а также неметаллические соединения бора и кремния с азотом и углеродом, бора с кремнием и их сплавы. Основные отличительные свойства тугоплавких бескислородных соединений — высокая температура плавления (до 4200° С), исключительная твердость, приближающаяся для отдельных соединений к твердости алмаза, износ- и термостойкость, широкий диапазон электросопротивления и теплопроводности, термоэмиссионные и оптические

качества, стойкость к агрессивным химическим средам и т. д.

В Институте химии силикатов им. И. В. Гребенщикова АН СССР выполнены интересные работы о термостойких органосиликатных материалах — новом классе соединений, синтезированном из органических или элементоорганических веществ с силикатами. Они характеризуются высокой термостойкостью в сочетании с хорошими термовлагодиеlectricоизоляционными свойствами. В том же Институте разработаны защитные неорганические покрытия новых типов, получающиеся из окислов, силикатов, бескислородных соединений и тонкодисперсных порошков металлов, взятых в различных соотношениях. Эти покрытия надежно защищают конструкционные материалы от газовой коррозии, придают материалам повышенную твердость, они устойчивы в агрессивных средах.

Мы коснулись лишь нескольких проблем химии. В павильоне ВДНХ, представляющем эту науку, посетителя ждет много других важных открытий.

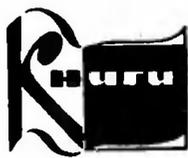
*Л. В. Соболева*

*Кандидат химических наук*

*П. Н. Грибкова*

*Москва*

УДК 006.4



**Ж. Пиккар, Р. Дитц**

**ГЛУБИНА — СЕМЬ МИЛЬ**

Изд-во иностранной литературы,  
1963, 236 стр., ц. 91 к.

Эта увлекательная книга посвящена замечательному научному подвигу известного швейцарского ученого Огюста Пиккара и его сына Жака Пиккара. Огюст Пиккар — создатель первого глубоководного аппарата батискафа, опустившийся на океаническое дно на глубину 3150 м. Дело отца продолжил его сын, проникнув на «Триесте» до глубины 10 910 м в Марианской впадине. Всего он совершил 65 погружений на этом батискафе. Свою книгу, написанную совме-



стно с океанографом Р. Дитцем, он посвятил описанию природы, океана, непосредственному изучению его сквозь иллюминаторы батискафа, технике подводных исследований и описанию

рекордных погружений.

Всестороннее изучение океана — насущная задача, стоящая перед человечеством. Проникновение в его тайны, изучение его законов и раскрытие содержащихся в нем пока не использованных резервов — все это дело ближайшего будущего. Глубоководные погружения — это первый шаг в новой эпохе изучения океана. Остается лишь пожалеть, что талантливым ученым из-за недостатка средств приходится сотрудничать с американским Военно-морским ведомством, старающимся использовать их достижения отнюдь не в мирных целях. Но такова уж участь многих ученых в капиталистических странах.

В книге помещены хорошие фотографии, и снабжена она интересным предисловием редактора С. Д. Осокина.

*Е. А. Геевская*

*Москва*



Первые палатки изыскателей гидростанции

## ПОКОРЕНИЕ ВИЛЮЯ

*Оглянитесь вокруг — какие гигантские работы развернуты в нашей стране по переделке природы, как высоки стали сейчас требования человека к природе. Возрождаются к жизни пустыни, возникают гигантские водохранилища, нити искусственных рек соединяют между собой русла естественных. Новые моря появились и создаются советскими людьми на Иртыше и Оби, на Ангаре и Енисее, на Даугаве и Куре, Дону и Днепре, Вахше и Чу. Созидательная работа по использованию природных богатств уже коснулась и далекой холодной Якутии. У иркутян закончено строительство Мамаканской гидроэлектростанции и, как известно, для обеспечения энергией молодой, быстро растущей горной промышленности Западной Якутии на реке Вилюе строится мощная Вилюйская гидроэлектростанция.*

**В** илюй — одна из крупнейших рек Якутии. Длина его 2650 км, площадь бассейна 454 тыс. км<sup>2</sup>, средний годовой расход воды в устье — около 1450 м<sup>3</sup>/сек. По длине река занимает второе место после Лены, по площади бассейна — четвертое и по годовому расходу воды — седьмое.

По всем этим показателям он превосходит такие крупные реки Европейской территории СССР, как Дон и Урал, и немного уступает по величине площади бассейна и среднего годового расхода воды Днепру.

Если проследить характер течения Вилюя от истока до устья, то легко можно уловить интересную закономерность. Начинаясь не-

сколько южнее Полярного Круга на восточных отрогах горной гряды Бур в центральной части Средне-Сибирского плоскогорья, Вилюй на протяжении примерно 50 км — типичный горный поток. Далее он пересекает обширную болотистую межгорную равнину с обилием озер (самое крупное из них — Сурингда имеет площадь водного зеркала 34 км<sup>2</sup>). На этом участке, протяжением около 250 км, течение реки медленное, русло извилистое, берега низкие, сильно заболоченные. По выходе из межгорной равнины Вилюй вступает в область массивов изверженных пород — траппов. Здесь чередуются широкие и глубокие плёсы с резко суженны-

ми и мелкими, большей частью порожистыми участками долины. Самый большой и известный порог Вилюя — Улахан-Хаана расположен в 28 км ниже впадения р. Актаранды и второй по величине — Куччугуй-Хаана, в 1,5 км выше устья р. Малой Ботубии. В 890 км от устья расположен последний порог — Соколиный (в 6 км выше с. Крестях). Ниже этого порога река приобретает равнинный характер. Каменистые грунты уступают место крупногалечным, а ниже впадения р. Мархи русло становится, как правило, неустойчивым, появляются песчаные острова, косы и отмели.

По подсчетам специалистов, в бассейне Вилюя насчитывается 15 664 водотока общей длиной 122 тыс. км. Озер площадью более 1 га в бассейне Вилюя насчитывается 67 266.

Питание реки в основном снеговое. Распределение стока в году — чрезвычайно неравномерное. За май—июнь проходит почти 70% годового объема воды, а в зимний период (ноябрь—апрель) — всего около 2%.

#### В ВЕРХНЕМ ТЕЧЕНИИ

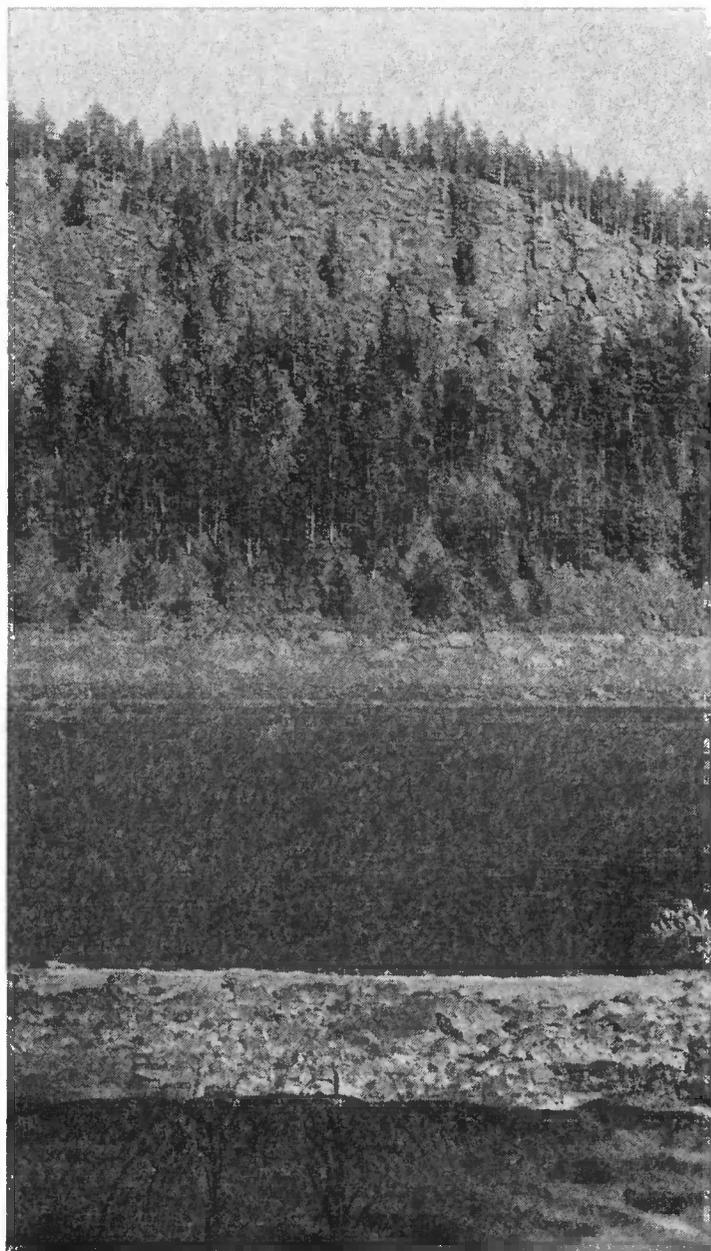
Таковы краткие сведения о реке, в верхнем течении которой строится Вилюйская гидроэлектростанция. После перекрытия Вилюя за плотиной будет создано водохранилище (площадь зеркала 1842 км<sup>2</sup>, ширина от 3 до 15 км), на котором появятся пейзажи типа диких байкальских панорам с базальтовыми мысами, круто обрывающимися в воду, и бухтами с сильно изрезанными берегами.

Сооружение и работа Вилюйской ГЭС вносит ряд существенных изменений в природу бассейна Вилюя. Прежде всего следует обратить внимание на значительные изменения объемов вод, которые будут поступать в нижний бьеф во время весеннего паводка и в зимний период. Кроме того, с окончанием строительства первой очереди водохранилища будет затоплено около 15 млн. м<sup>3</sup> леса, из них более 600 тыс. м<sup>3</sup> деловой древесины, в связи с чем дно его будет сильно засорено. Поэтому, чтобы избежать бесполезной утраты такого богатства и предохранения ложа водохранилища от засорения, необходимо при строительстве второй очереди предусмотреть очистку затопляемой площади от леса.

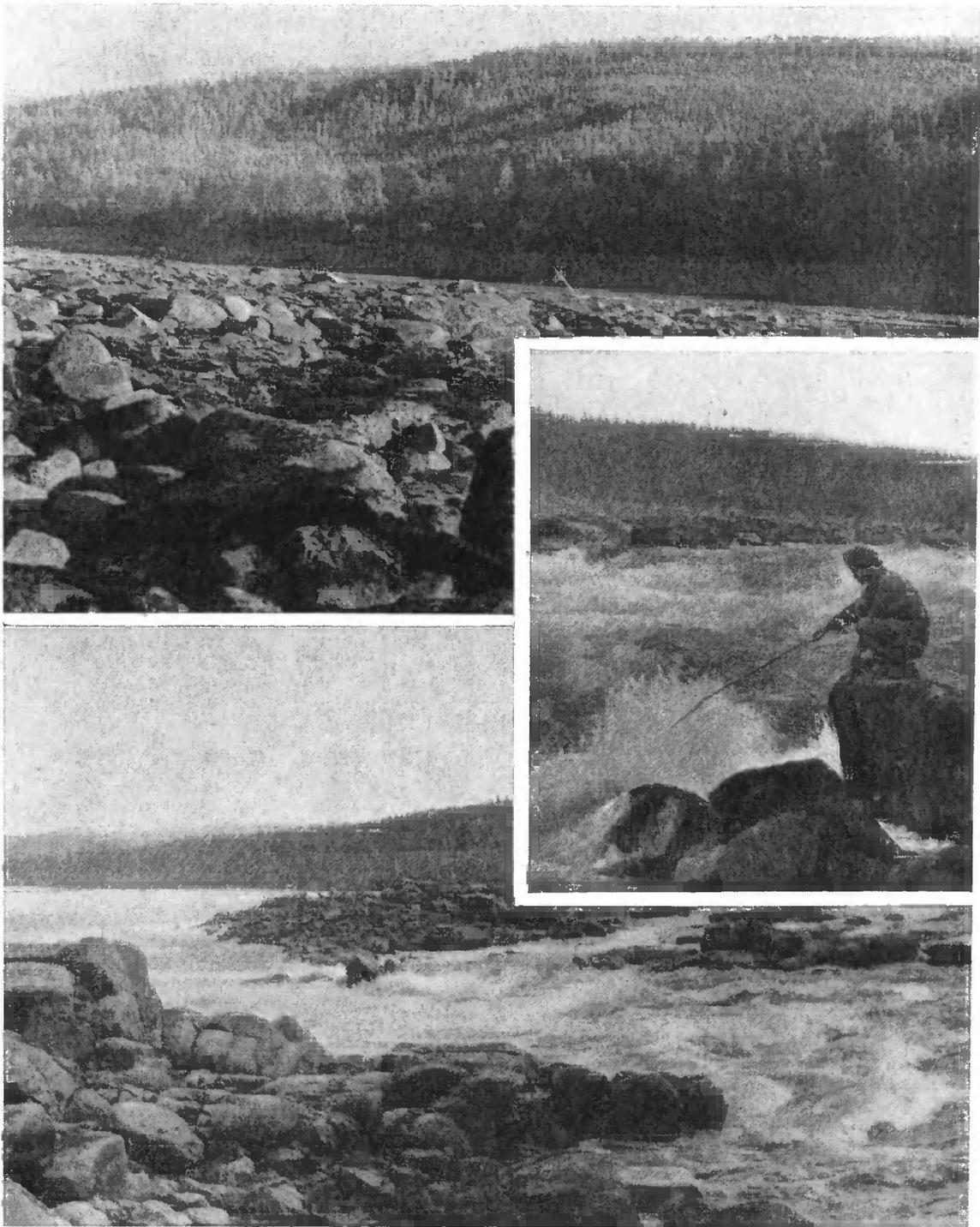
Большая поверхность водоема создаст условия для образования ветровых волн высо-

той до 1,5 м, что в свою очередь усилит работу по разрушению берегов водохранилища.

Водоохранилище будет служить резервуаром для накопления значительного тепла, в связи с этим в прибрежной части произойдут некоторые изменения климата. Осенью долж-



Река Вилюй в районе створа

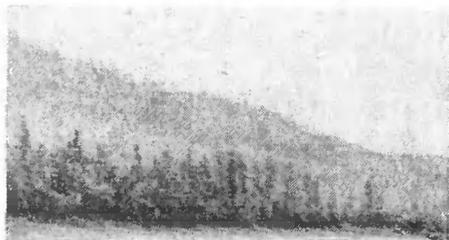
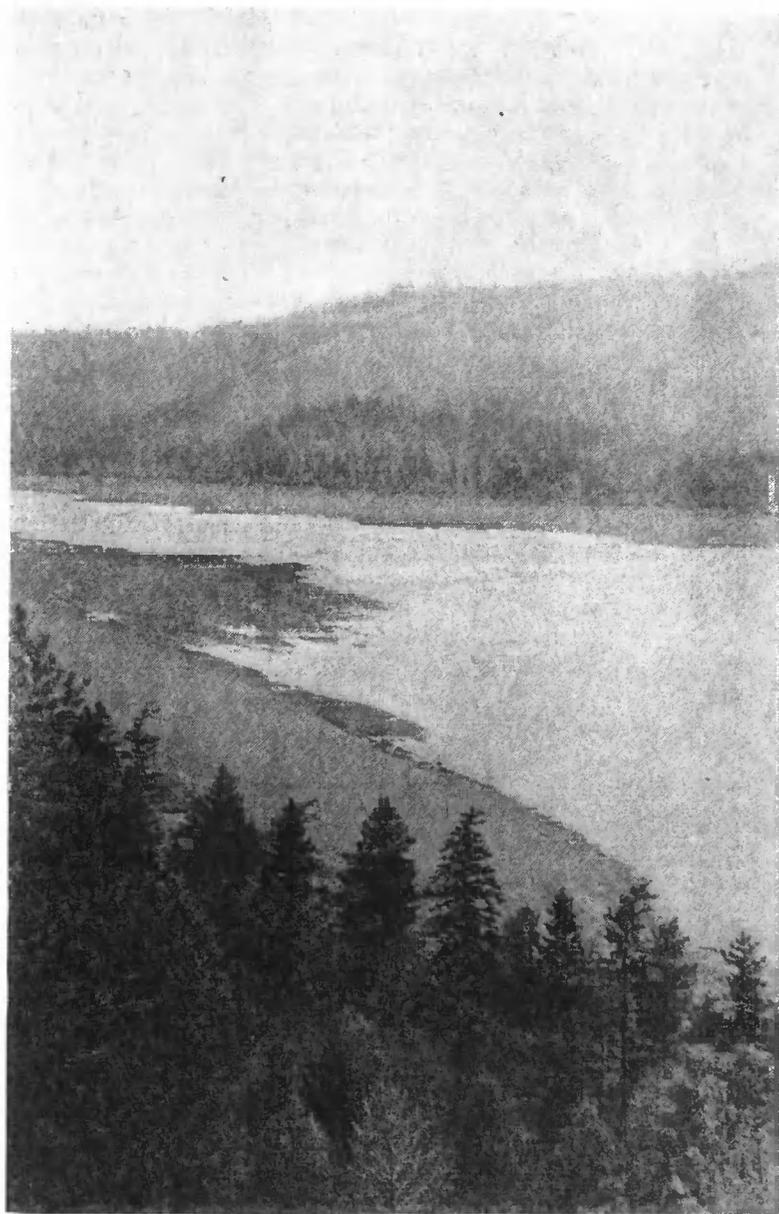


Трапповая осыпь на берегу реки Вилюй (*сверху*); порог Улахап-Хаана (*в середине*); каменистый перекат на Вилюе (*внизу*).

ны повыситься средние месячные температуры сентября и октября, а в мае и июне, наоборот, температуры будут пониженными. В летний период несколько увеличится число гроз и изменится режим ветров главным образом за счет образования прибрежных бризов. Как летом, так и зимой должны несколько увеличиться скорости ветров за счет уменьшения шероховатости подстилающей поверхности, которая вместо почвы с растительностью будет заменена водной гладью летом и ледяной поверхностью зимой. Несколько сместятся сроки ледостава и вскрытия Вилюя.

Водоохранилище затопит все пороги по Вилюю до устья р. Чуркуо и по Чоне до устья р. Ичоды, в связи с чем будет создан водный путь, который можно будет использовать для хозяйственного освоения района, прилегающего к водоохранилищу.

Вид на долину реки Вилюй (*сверху*);  
перекат на реке Вилюй (*снизу*)



### ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Работа ГЭС сильно изменит режим Виллю ниже плотины станции. В нижнем бьефе Виллюйской гидроэлектростанции в связи с поступлением из водохранилища относительно теплой воды появится незамерзающий участок, размеры которого будут колебаться в зависимости от водности года и метеорологической обстановки, с перемещением кромки льда на участке 11—25 км от плотины. Даже в самых суровых условиях кромка льда будет находиться ниже порога Улахан-Хаана (в 6—8 км от плотины ГЭС), а подпор от кромки не распространится выше порога. Таким образом самый большой порог Виллю будет бушевать и зимой и летом.

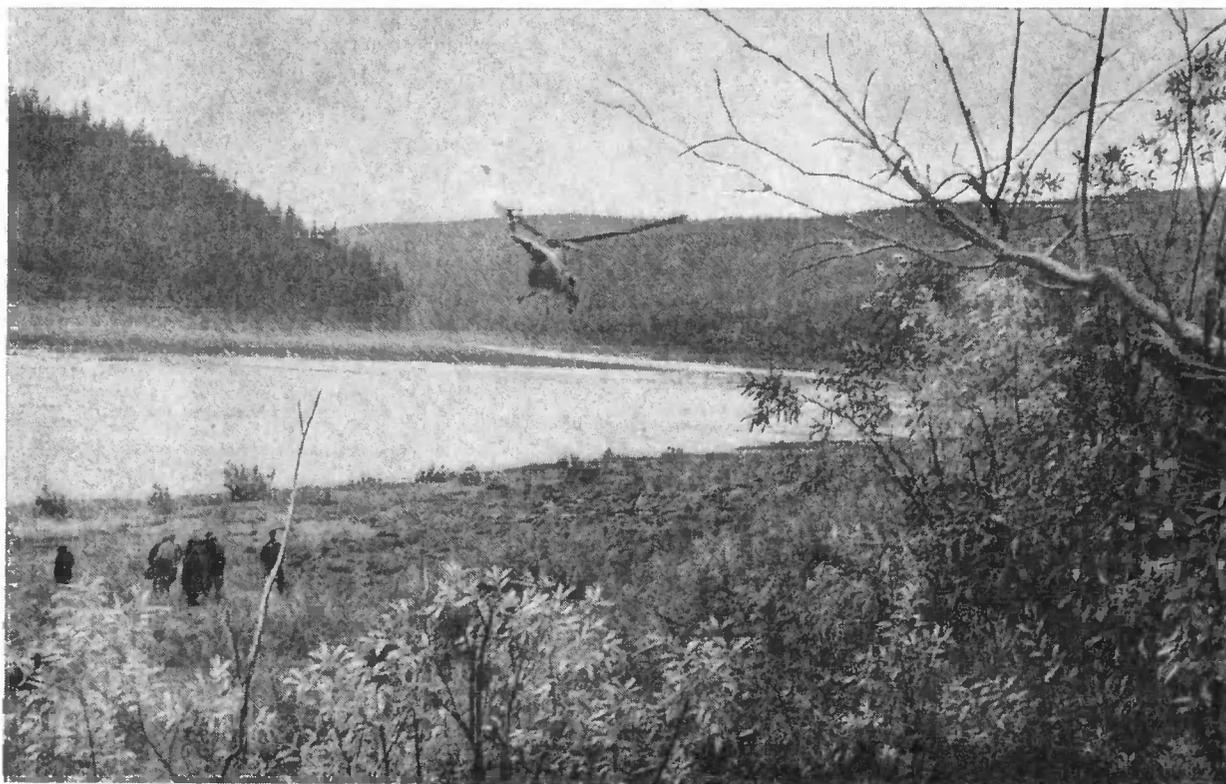
Масса теплой воды на протяжении нескольких сот километров по течению реки окажет влияние на сроки ледостава, они сдвинутся на более поздние даты по сравнению с обычными.

Увеличение водной поверхности реки приведет к значительному росту массы

льда в период ледостава в среднем и нижнем течении реки. Увеличится глубина и объем воды в зимних плесовых лощинах.

В результате перераспределения стока некоторые изменения произойдут и в условиях судоходства на Виллюе. Как известно, регулярное судоходство на Виллюе поддерживается на участке от Сунтара до устья на протяжении 740 км. От Сунтара вверх по реке до порога Куччугуй-Хаана на протяжении 435 км проход судов возможен только во время паводков. При работе Виллюйской ГЭС на первом этапе даже в маловодные годы будут обеспечены глубины реки, при которых сроки навигации смогут быть продлены, за исключением участка ниже устья р. Мархи, где в маловодные годы в период второй половины навигации все же останутся затруднения для судоходства.

А как отразится строительство электростанции на составе и численности рыбного стада? В настоящее время в бассейне Виллю водятся минога сибирская, осетр сибирский,



Вертолет над рекой Виллюй

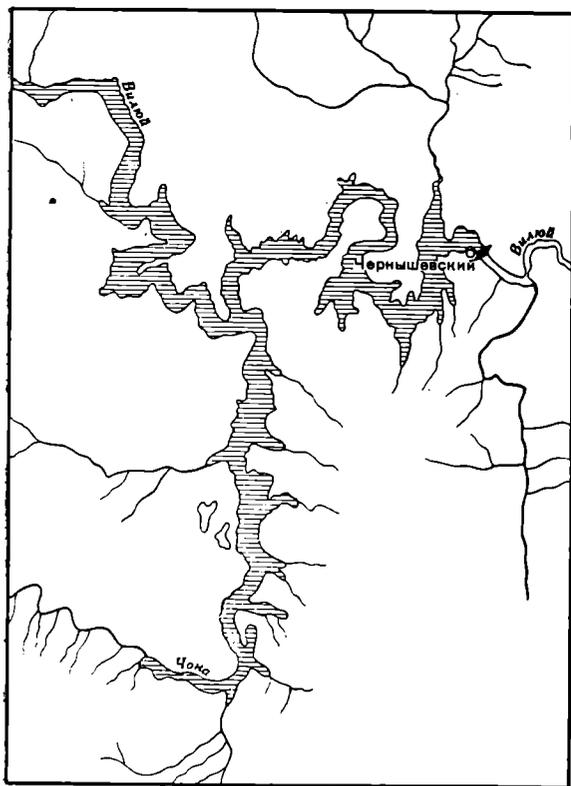


Схема района водохранилища Вилюйской ГЭС

таймень, ленок, нельма, тугун, чир, пелядь, сиг, муксун, щука, плотва, елец, язь, голянь озерный, голянь Чекановского, голянь-пест-

руха, ленский пескарь, карась якутский, щиповка и сибирский голец, налим, окунь, ерш и др. В зоне будущего водохранилища основными промысловыми рыбами в данное время являются таймень, нельма, муксун, ленок, чир и щука.

Плотина ГЭС отрезет нерестовые площади на Вилюе, и рыбное хозяйство бассейна Лены может понести значительные потери. Кроме того, ниже плотины ГЭС произойдет изменение термического режима и химического состава воды, что может вызвать нарушение естественных условий развития рыбной молоди и увеличение потерь в рыбном хозяйстве. По-видимому, теплая вода, поступающая из водохранилища, вызовет более ранние сроки созревания икринок и массовую гибель личинок рыб от бескормицы. Затопленный лес также окажет свое губительное действие. Поэтому, чтобы предотвратить отрицательное влияние Вилюйской ГЭС на рыбное хозяйство, необходимо, чтобы предусмотренное строительство рыбопродуктивного завода было обязательно проведено в жизнь.

\* \* \*

Мы коснулись лишь некоторых явлений природы, связанных со строительством плотины. Но и они достаточно ясно показывают, какие изменения могут возникнуть в связи с преобразованием режима большой реки.

Г. Е. Чистяков  
Якутск

УДК 627.13/16

◆ **НОВОСТИ СОБЫТИЙ ФАКТЫ** ◆

## ЭНТОБАКТЕРИН — БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ ПРОТИВ ВРЕДИТЕЛЕЙ

Микробиологический препарат «энтобактерин 3» содержит споры бактерий и токсически действующие белковые кристаллы. Помимо активных веществ, в его состав входит наполнитель — каолин или мел. Это замечательное средство борьбы с вредителями садовых и огородных культур начал в этом году выпускать Всесоюзный трест «Союзреактив» (Москва).

«Энтобактерин 3» используют в виде водной суспензии. Для получения одного ведра рабочей смеси достаточно 10 г препарата.

Растения опрыскивают в период их вегетации, в дни активного питания вредителей. Продолжительность действия нового препарата, если нет дождей, — до одного месяца; действие препарата тем эффективнее, чем выше температура окружающего воздуха. Гибель вредителей наступает через 2—10 дней. Для уничтожения одного поколения достаточно одной обработки.

Как показали эксперименты, «энтобактерин 3» может быть использован против смородинной моли, непарного и кольчатого

шелкопряда, зимней пяденицы, капустной белянки и др. Существенно, что препарат с одинаковым успехом можно применять против различных вредителей в разное время сезона — и в период набухания почек, и во время цветения, и после него.

Для растений, человека, теплокровных животных, пчел и других полезных насекомых «энтобактерин 3» безвреден.

«Защита растений от вредителей и болезней»,

1964, № 5, стр. 45



# КОНКУРЕНТ МЕТАЛЛА

## ПЛАСТИФИЦИРОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА

*Несколько десятилетий тому назад казалось, что значение древесины в народном хозяйстве будет быстро снижаться и что деловую древесину вполне заменят металлы, железобетон и пластмассы, а дрова — каменный уголь, нефть и природные газы. Если последнее предположение частично оправдывается, то совсем иная картина выявляется при оценке будущего значения деловой древесины.*

Отдельными специалистами, а также хозяйственными комиссиями Организации Объединенных Наций подсчитано, что примерно к 1980 г. потребление древесины как промышленного сырья по сравнению с настоящим временем удвоится<sup>1</sup>. Значительно увеличится также спрос на деловую древесину. Поэтому уберечь леса от вырубок, превышающих прирост, можно будет только в том случае, если использовать древесину комплексно, без отходов и если принять меры к тому, чтобы лесоматериалы на стройках служили возможно дольше.

Возрастающее значение древесины объясняется не только увеличением размеров строительства и расширением деревообрабатывающей промышленности, не только увеличенным спросом на бумагу, вызванным, в частности, ликвидацией неграмотности в странах Африки и Азии. Растет потребность в этом материале еще и потому, что развитие лесохимии выявило возможности значительного улучшения технических свойств древесины, позволяющих использовать ее там, где об этом прежде не могло быть и речи.

Все больше развивается гидролизное производство, продукты которого (фурфурол, спирты, органические кислоты, сахара) служат превосходным сырьем для большой химии. Эта отрасль лесохимии способна, кроме того, обеспечить белковыми кормами и витаминами животноводство, а также давать такие продукты питания из непищевого

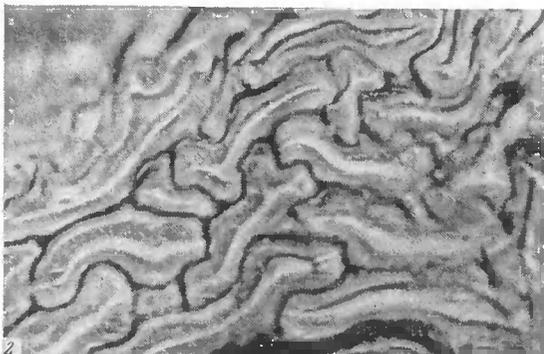
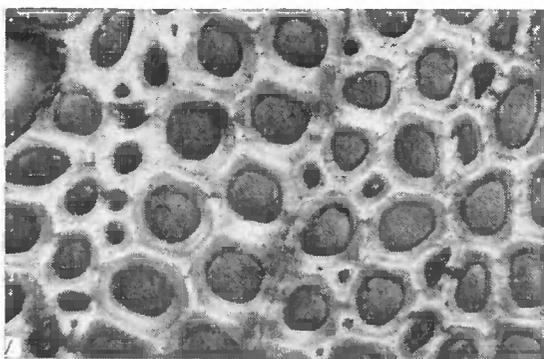
сырья, как глюкоза, пищевые дрожжи и др.

В отдельных опытах из целлюлозы получены плиты, которые по температуростойкости значительно превосходят сталь. Волокна искусственного шелка из этого сырья значительно прочнее стальной проволоки того же диаметра. Из лигнина древесины лабораторным путем получают не только дешевые высококачественные связующие, пластмассы, пирокатехин, ванилин, но и очень прочные синтетические волокна, дубители и другие ценные продукты.

Заманчивые перспективы открывает использование древесины, облагороженной горячим прессованием; во многих случаях она может заменить бронзу и другие металлы. Однако широкое внедрение этого материала тормозится его высокой себестоимостью. До прессования обычно надо высушивать заготовки до содержания в них воды не более 10—20%, прессовать можно только с подогревом до температуры 80—130° С в горячих прессах. Требуется относительно высокое удельное давление при прессовании — 150—300 кг/см<sup>2</sup>. В результате стоимость прессованной древесины намного выше проектной.

Институт химии древесины АН Латвийской ССР в содружестве с Латвийской сельскохозяйственной академией разработали более простой способ пластификации листованной древесины, причем получается материал с лучшими свойствами. По новой технологии используется сырая древесина с содержанием воды 80—90%. Она пропитывается аммиаком и прессуется в холодном виде под дав-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1959, № 9, стр. 57—60.



Поперечный срез березовой древесины до обработки химикатами. Хорошо видны клетки древесины с большими полостями. Увеличено в 800 раз (1); поперечный срез пластифицированной древесины. Полости клеток исчезли, клеточные оболочки приняли неопределенную форму. После прессования и подсушки межволоконистые связи укрепились, прочность древесины значительно возросла. Увеличено в 1600 раз (2)

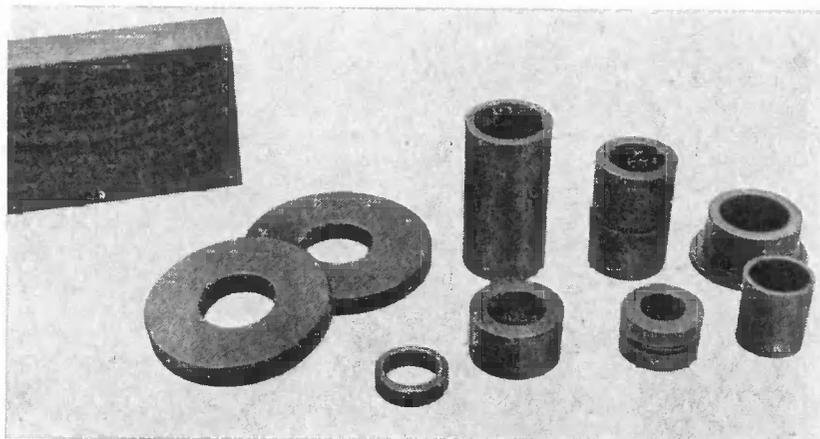
лением не более  $80 \text{ кг/см}^2$ . Так как пластифицированная древесина должна выдерживаться под давлением только 4—8 мин., технологический процесс можно организовать как непрерывный. Сушить материал после прессования до содержания 5—7% влаги лучше всего в масляных ваннах или токами высокой частоты. При этом получается материал с такими свойствами: предел прочности при сжатии вдоль волокон до  $2000 \text{ кг/см}^2$ , а при статическом изгибе перпендикулярно волокнам в радиальном

направлении — до  $2500 \text{ кг/см}^2$ ; коэффициент трения меньше, чем у бронзы; водопоглощение через 3 часа — около 6%; объемное набухание через 3 часа — около 3,5%.

Пластифицированную древесину можно с успехом применить для изготовления различных деталей машин и предметов, которые обычно делают из цветных металлов, антифрикционного чугуна, бакаута, самшита, фишашкового дерева, текстолита и других дорогостоящих материалов. Теоретические расчеты, а также некоторые наблюдения подсказывают, что древесные пластики нередко обладают важными преимуществами перед синтетическими материалами: они более устойчивы против вибрирующих нагрузок. Компоненты древесины не разрушаются под влиянием вибрации, и деформация материала исчезает после снятия нагрузки более полно, чем у пластмасс.

Новый древесный пластик способен также поглощать смазку, что очень важно для эксплуатации трущихся частей. По износостойкости пластифицированная древесина значительно превосходит бронзу, особенно в механизмах с большой нагрузкой в узлах трения, например в сельскохозяйственных машинах.

Опыты показывают, что технические свойства древесины, пластифицированной химической обработкой, можно значительно улучшить: снизить горючесть, увеличить водо-, био- и износостойкость, словом, получить материал, вполне пригодный для широкого использования даже в корабле- и самолетостроении. Эти ценные качества могут быть



Изделия из пластифицированной древесины: вкладыши и втулки подшипников, виброгасящие подкладки и др.

достигнуты путем обработки древесины реагентами, общими для обеих главных ее групп полисахаридов (целлюлоза и гемицеллюлозы) и ароматического полимера — лигнина. Обработка химикатами и последующее прессование изменяют надмолекулярную структуру компонентов древесной ткани, что открывает перспективу получения пластиков с заранее заданными свойствами.

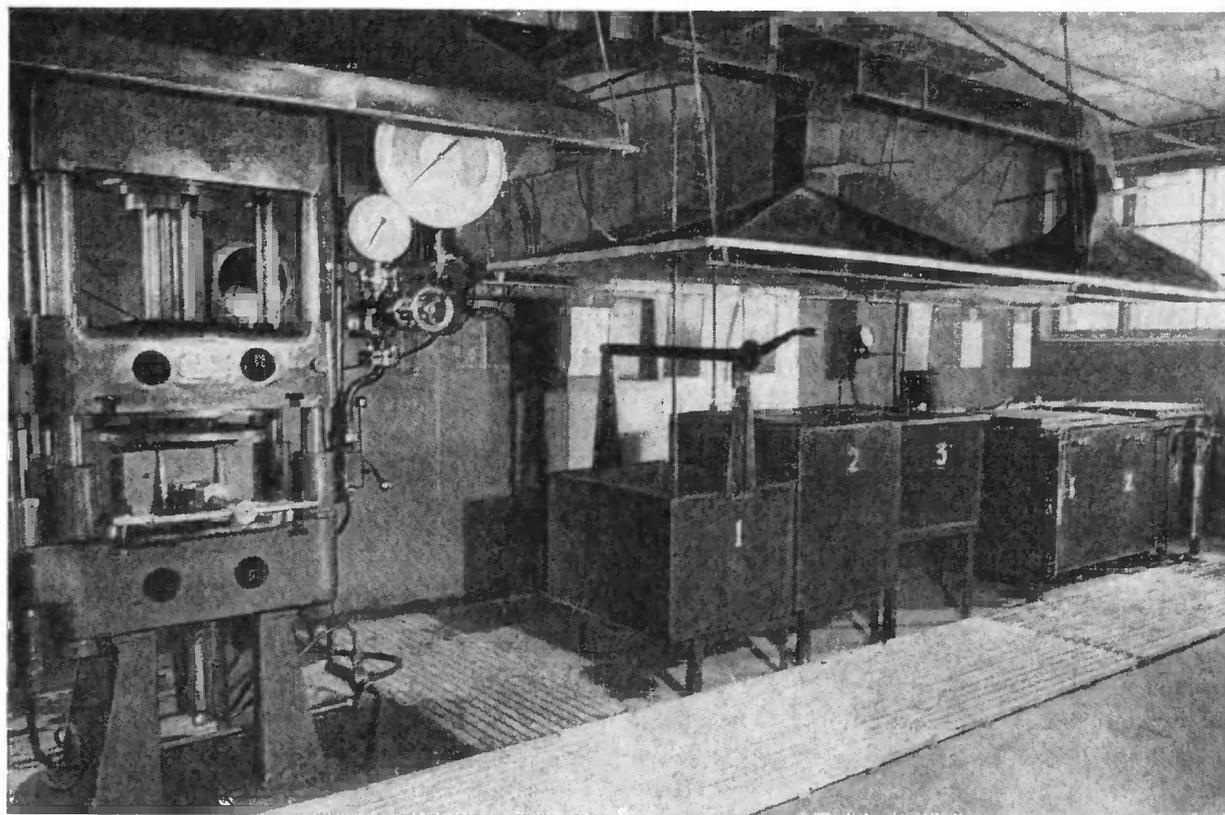
Эффективность обработки повышается, если наряду с обычными методами использовать ультразвук, поверхностноактивные вещества и радиоактивные излучения. Как и при облучении синтетических полимерных материалов, при облучении древесины гамма-лучами происходит процесс сополимеризации компонентов древесины с пропитывающими веществами. Такое «сшивание» полимерных цепей может происходить не только с синтетическими полимерами, но также с молекулами формальдегида, фурфурола, ацетона и др. Однако механизм взаимодействия

составных частей древесины с пропитывающими веществами и изменяемость химического состава древесины при пропитке и последующем прессовании пока исследованы недостаточно<sup>1</sup>.

Сорбция и химические процессы, идущие при пропитке древесины, зависят от ряда факторов, в том числе и от того, как подготовлена древесина. Например, высушивание древесины до абсолютно сухого состояния приводит к тому, что значительная часть субмикрокапилляров закрывается и раствор проникает только в полости (люмены) древесных клеток, а не в клеточную стенку.

Влажная древесина обладает развитой капиллярной системой. Но и в этом случае результат пропитки будет зависеть от величины молекулы пропитывающего вещества: полимерные молекулы не могут проникнуть

<sup>1</sup> См. С. В. Генель. Древесные пластики в технике. Изд-во АН СССР, 1959.



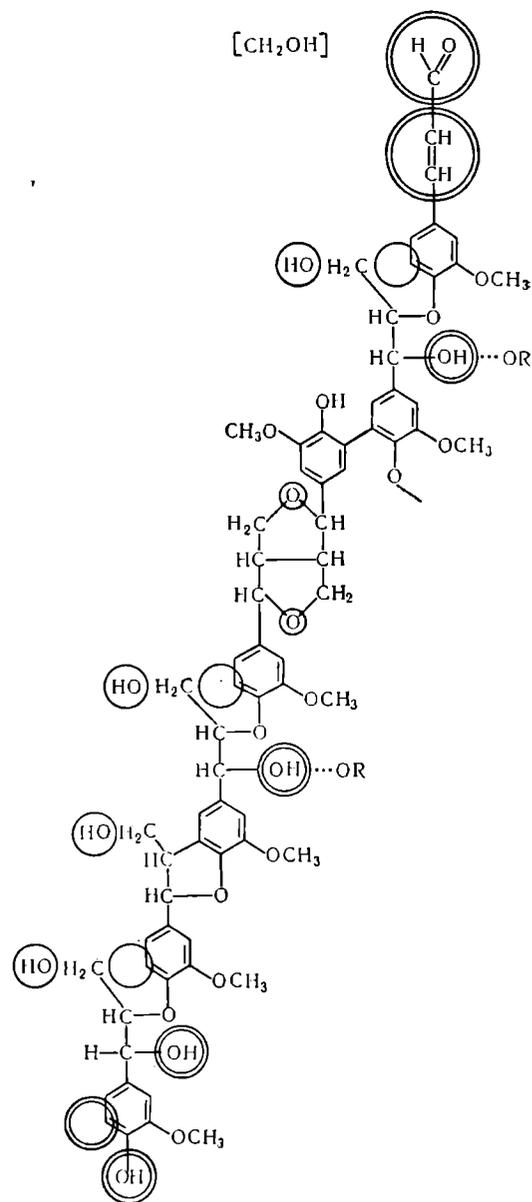
Опытная установка для пластификации древесины на базе Института лесохозяйственных проблем и химии древесины АН Латвийской ССР

в субмикрокапилляры и останутся только в полостях клеток, мономеры же заполнят и субмикрокапилляры. Это имеет большое значение, так как позволяет провести полимеризацию введенного мономера непосредственно в древесной ткани. Если такую полимеризацию вести под действием радиоактивных облучений, то возможна и сополимеризация с компонентами древесины, прежде всего с лигнином — с его фенольными гидроксилами.

Возникновение и ход сополимеризации зависят от ряда условий; она протекает интенсивнее, если полимерный компонент (лигнин, целлюлоза) более чувствителен к радиации, чем введенный мономер. Сополимеризация повышает физико-механические свойства древесины, если она проведена под действием радиации. Обычно же облучение дозой в 50 мегарад ухудшает качества древесины. Но если облучение идет в присутствии мономеров и при этом вызывается привитая сополимеризация, то получается материал с высокими физико-механическими свойствами, в которых сочетаются достоинства древесины и нового полимера. Подбирая мономеры, степень пропитки и облучения, можно получать материалы самых различных свойств. Так, при модификации древесины стиролом влагопоглощение снижается в два раза, а водопоглощение — в шесть раз<sup>1</sup>. Прочность древесины, пропитанной метилакрилатом и облученной затем дозой в 45 мегарад, повышается на 65% по сжатию вдоль волокон.

Нами исследовалась березовая древесина, пропитанная 20—25%-ным жидким и газообразным аммиаком до и после облучения дозами в 50 и 100 мегарад, которая затем спрессовывалась под давлением 80 кг/см<sup>2</sup>. Образцы высушивались при температуре 105° С. Оказалось, что у пропитанной раствором аммиака спрессованной и высушенной затем березовой древесины был повышенный выход веществ, растворимых в холодной и горячей воде. В необработанной древесине выход экстрактивных веществ составлял 2,3%, а в обработанной — 8,07%. Повышалось, хотя и не так резко, количество веществ, экстрагируемых спиртобензолом. Еще более возрастал выход водорастворимых веществ после радиоактивного гамма-облучения пропитанной и спрессованной древесины. После

<sup>1</sup> См. А. С. Фрейдлин. Действие ионизирующей радиации на древесину и ее компоненты. Гослесбумиздат, 1961.



Вероятная структурная формула лигнина. Двойными кружками отмечены наиболее активные функциональные группы. (Хемсорбция аммиака, по-видимому, в первую очередь происходит с фенольными гидроксилами)

дозы в 100 мегарад их извлекалось 27,5%, тогда как облученная исходная древесина содержала таких веществ только 16,1%.

Исследования показали также, что количество редуцирующих веществ в водных растворах, особенно после инверсии, сильно возрастает в обработанной древесине. Так,



## САПРОПЕЛЬ—ДЛЯ УДОБРЕНИЙ И ПОДКОРМКИ СКОТА

На территории Псковской области более 500 пресноводных озер с богатейшими запасами сапропелей. Мощность отложений доходит до 5—10 м, а в некоторых озерах (Круглово, Синовец) до 15 м и более. Это превосходный материал для использования в качестве удобрений и витаминно-минеральной подкормки сельскохозяйственных животных и птицы. Химический анализ многих образцов и широкие производственные опыты показали, что сапропель — важный резерв повышения продуктивности животноводства и земледелия.

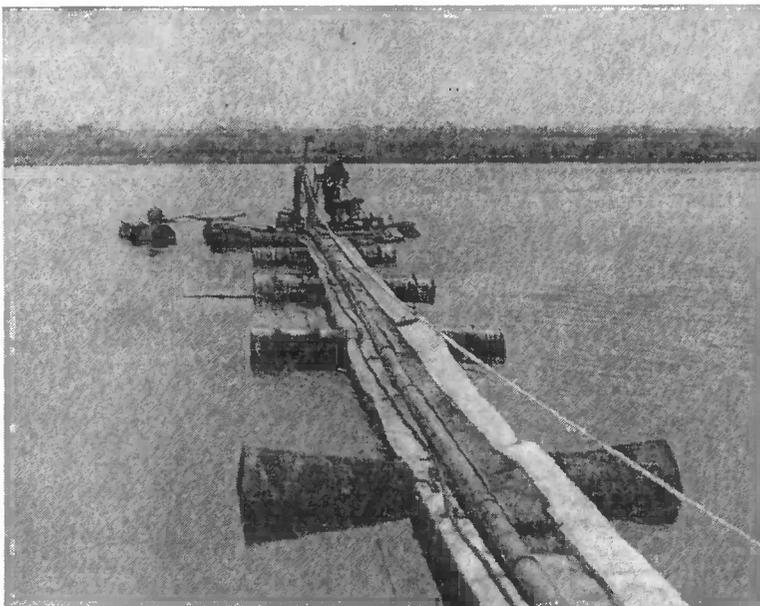
Летом 1963 г. нами обследовано 30 озер. Пробы брались с различных глубин от 1 до 10—12 м. Образцы исследовались на влажность, удельный вес, рН, органические и минеральные вещества, зольность, на протеин, кальций, фосфор, железо, каротин, частично на витамины комплекса группы В ( $B_2$ ,  $B_{12}$ ), а также на физиологически важные микроэлементы. Данные анализа показали, что исследованные сапропели содержат азот, кальций, фосфор, железо, кобальт, медь, марганец, цинк, иод. В них присутствует каротин, рибофлавин, витамин  $B_{12}$ . Большую ценность представляет железо, содержание которого колеблется от 0,262 до 0,007 %.

Известно, что недостаток железа в рационе ведет к тяжелым заболеваниям поросят анемией, ощущается резкий недостаток гемогло-

бина в крови. Между тем соли железа содержащиеся в сапропеле, значительно лучше усваиваются организмом животных, нежели железо, которое находится в обычном рационе.

Кальция в исследованных сапропелях от 18 до 1,65 %. Кальциевые и фосфорные соединения сапропеля, как и соли железа, хорошо усваиваются животными.

Содержание кобальта колеблется от 0,548 до 3,893 мг/кг. Наибольшая концентрация его — в верхних слоях сапропеля. Этот микроэлемент также крайне необходим животным. Доказано, что при содержании кобальта в рационе ниже 0,2 мг/кг сухого вещества по-



По трубе при помощи насоса сапропель перекачивают в хранилище (Совхоз «Ударник», Псковской обл.)



Транспортировка сапропеля из хранилища автоцистерной

росята рождаются с малым живым весом и нежизнеспособные. В молоке маток недостает витаминов.

Большинство образцов сапропеля содержит значительное количество меди и марганца, а также от 4,22 до 127,5 мг/кг цинка (как правило, выше 20 мг/кг). Этот микроэлемент имеет важное значение для профилактики выпадения шерсти у коров и парактератоза (ороговение кожи) у свиней. Необходимо особо подчеркнуть важность содержания иода в сапропеле (от 0,52 до 1,4 мг/кг органической массы). В местных кормах и

и от 0,0004 до 0,07 мг/г витамина В<sub>12</sub>. В 20 образцах (из 30) содержание органических веществ в сухом веществе превышает 50%.

Результаты исследований подтверждают высокую ценность псковских сапропелей. Необходимо дальнейшее всестороннее изучение их месторождений, особенно в северных районах страны, где остро ощущается недостаток микроэлементов и витаминов в почве и кормах.

*Ф. А. Соловьев*

*Великолукский сельскохозяйственный институт  
УДК 631.873*

## ВНУТРИПОЧВЕННОЕ НАПОРНОЕ ОРОШЕНИЕ

**И**спользуемые ныне способы самотечного полива имеют ряд весьма крупных недостатков: большое потребление воды на поливы, значительно превышающие нормы требуемой для оптимального развития растений влаги, и большой расход рабочей силы на поливных операциях ввиду трудности механизации таких процессов. Кроме того, при-

менение самотечного полива часто сопровождается неприятными последствиями: увеличивается заболоченность и засоленность почвенных горизонтов, развиваются процессы эрозии, образуется поверхностная корка, затрудняется аэрация почв, усиливается зарастание сорняками и т. п. Наступило время, когда старая техника поливного земледелия

должна уступить место новой. Весьма перспективным для интенсификации поливного земледелия следует считать способ внутрпочвенного введения (инъектирования) влаги вместе с удобрительными растворами в зону распространения корневой системы. Эта новая система, названная внутрпочвенным напорным орошением (с применением средств гидромеханизации типа гидробуров), позволяет значительно снизить нормы потребления воды, доведя их до уровня физиологической потребности растений во влаге.

Еще в 1952—1953 гг. на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке под общим руководством акад. Н. В. Цицина были начаты успешные исследования, проведенные Г. Л. Шендриковым и А. П. Невзоровым, по применению гидробуров для орошения и подкормки удобрениями плодовых, цитрусовых и декоративных растений; применялись они также для борьбы с почвенной филлоксерой виноградников (в Одессе)<sup>1</sup>.

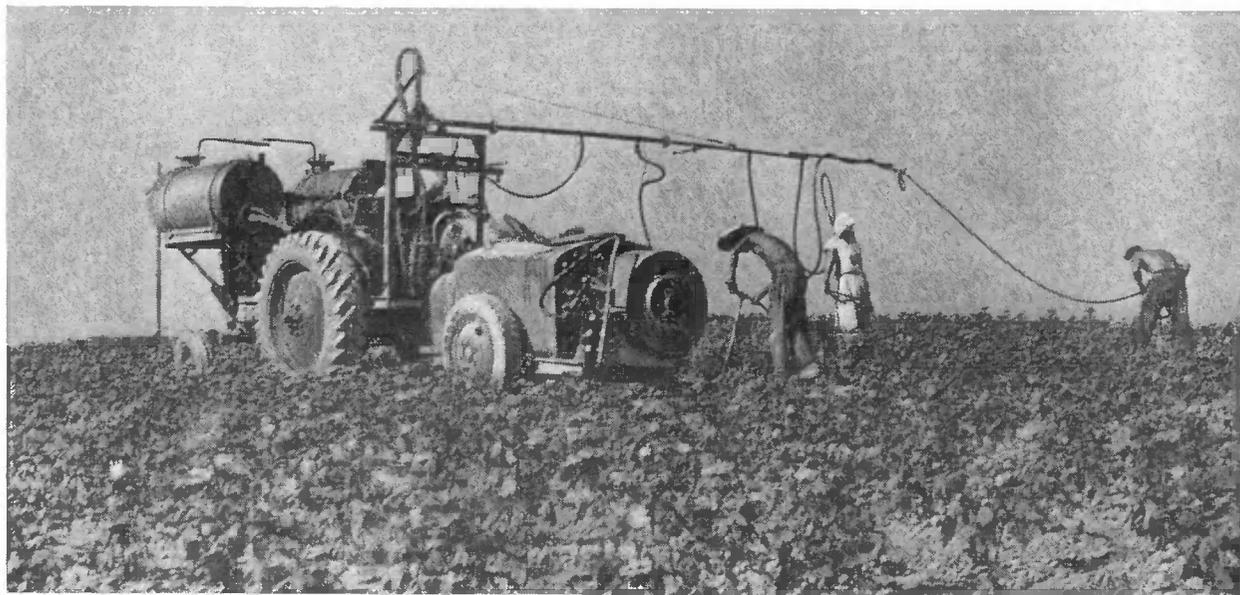
Процесс инъекционного орошения практически состоит в том, что в почву при помощи гидробуров под давлением (1—4 атм) вводится определенное количество воды на глубину, соответствующую каждой стадии развития корневой системы. В этом случае

может быть обеспечен также оптимальный состав воды и удобрений, и достигается высокая степень механизации ряда сельскохозяйственных процессов: полива, внесения удобрений, посадки растений, рыхления почвы. Вместе с этим такая система позволит свести к минимуму нежелательные последствия существующих приемов поверхностного орошения (заболачивание и засоление почв, их эрозия и затрудненная аэрация, зарастание сорняками); сократятся также объемы строительных работ на ирригационных каналах и других сооружениях.

Опыт применения внутрпочвенного напорного орошения для виноградников, огородных, садовых и пропашных культур в разных климатических зонах страны показал значительное уменьшение водопотребления растениями и ряд других преимуществ, сравнительно с существующими приемами орошения, при одновременном достижении высоких урожаев культур.

Наибольшее применение этот способ получил в виноградарстве для посадки, увлажнения, удобрения и борьбы с вредителями; за период 1956—1960 гг. этим способом посажено около 300 тыс. га виноградников; достигнуто значительное снижение стоимости посадки, резкое увеличение роста лозы, сокращение времени вступления в плодоношение и почти полная приживаемость растений.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1957, № 10, стр. 100.



Агрегат для инъекционного орошения и удобрения хлопчатника под Ташкентом

Фото Г. Шендрикова

6\*

В овощеводстве новая техника орошения проверена в ряде совхозов и колхозов Московской, Куйбышевской, Ростовской, Крымской и других областей; были получены высокие урожаи овощей и значительное снижение их стоимости при почти полной приживаемости рассады, сокращении срока вступления в фазу плодоношения и увеличении веса плодов.

Этот же способ применялся для выращивания кукурузы в шести совхозах Московской, Куйбышевской и Херсонской областей в 1959—1962 гг. с общей посевной площадью 380 га; была получена существенная прибавка урожая (совхозы Московской области «Бронницкий», «Городище», «Белая Дача»).

В 1962 г. инъекционный способ орошения при помощи гидробуров испытывался для хлопчатника в производственной обстановке на научно-исследовательской станции по технике орошения под Ташкентом. Несмотря на



Урожай хлопчатника при инъекционном поливе на опытном поле под Ташкентом, перед вторым сбором (первая декада сентября)

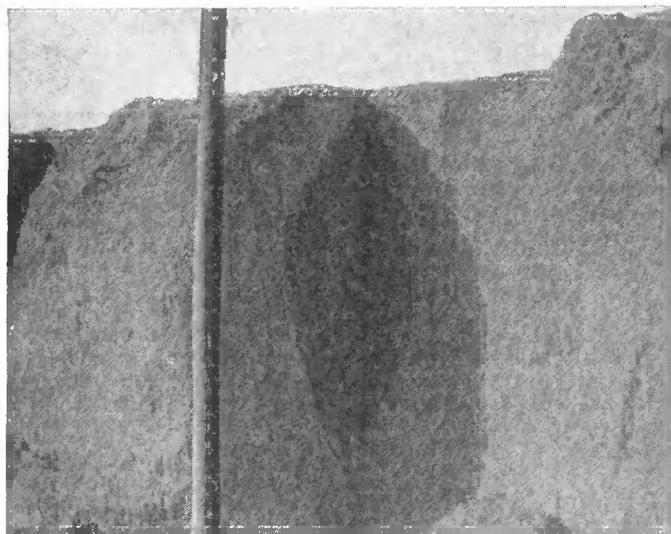
Фото Г. Шендрикова

запоздание срока начала проведения опытных поливов (против требуемых для нормального развития растений) результаты показали определенную эффективность метода и для данных местных условий.

По мнению акад. ВАСХНИЛ В. И. Эдельштейна, орошение малыми нормами воды (или растворов солей) является своеобразной скорой и действенной помощью сельскохозяйственным культурам в период дефицита влаги. Впервые, говорит чл.-корр. ВАСХНИЛ В. А. Колесников, появляется практическая возможность за счет использования созданного гидробура решить задачу инъекции жидкости в почву, которая за всю историю земледелия не была решена. Уже создана и проверена в полевых условиях машина, использующая принципы гидромонитора и предназначенная для внесения в почву удобрений в жидком виде: это ГИПРАН-1 Института «Проектгидромеханизация». Сейчас для широкого орошения земель инъекционными методами необходимы машины, которые будут доставлять растениям влагу и питание (удобрения и др.) в полной их физиологической потребности, и обеспечат достижение высоких урожаев разнообразной продукции.

*И. А. Кузнецов*

*Совет по проблемам водного хозяйства АН СССР  
(Москва)*



Почвенный разрез по очагу увлажнения при поливе гидробуром нормой 1,2 л на опытном поле под Ташкентом

Фото Г. Шендрикова

УДК 628.364

# КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ГЕОЛОГИЯ



*Космическое излучение—одно из интереснейших явлений природы,—уже полвека привлекает особое внимание физиков. Благодаря усилиям многих ученых, состав и механизм взаимодействия первичного космического излучения с атмосферой Земли, рождение и состав вторичного космического излучения и прохождение его через слой вещества толщиной в несколько километров достаточно хорошо изучены. Это дает возможность использовать космические лучи для изучения земных недр.*

Космические лучи представляют собой непрерывный и почти постоянный во времени поток заряженных элементарных частиц, обладающих колоссальными энергиями — до  $10^{20}$  эв. Это позволяет проводить исследования элементарных частиц, структуры нуклонов и ядерных взаимодействий при больших, пока не достижимых на ускорителях энергиях ( $10^{11} \div 10^{18}$  эв). В космофизике исследование космических лучей дает возможность изучать окрестность Земли, электромагнитные свойства межпланетного пространства, процессы, происходящие на Солнце, при вспышках сверхновых звезд и получать некоторые сведения о внегалактической среде.

Сейчас закладываются основы нового направления в физике космических лучей—прикладного, в котором космические лучи используются для нужд народного хозяйства.

Начиная с 20-х годов в Советском Союзе и за рубежом проведены многочисленные измерения интенсивности космических лучей под водой и под землей с целью изучения свойств этого излучения. Было установлено, что проникающие частицы космических лучей — это  $\mu$ -мезоны высоких энергий (частицы с массой 207 электронных масс), образованные в результате взаимодействия первичного космического излучения с верхними слоями атмосферы и последующих вторичных процессов распада частиц. Максимальная глубина, на которой при современном уровне техники измерений удалось зарегистрировать частицы космического излучения, составляет

около 6400 м. в. э. (метры водного эквивалента) <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> М. в. э.— произведение фактической глубины наблюдения на среднюю плотность вышележащих горных пород с учетом поправки на уменьшение ионизационных потерь с увеличением атомного номера ядер.

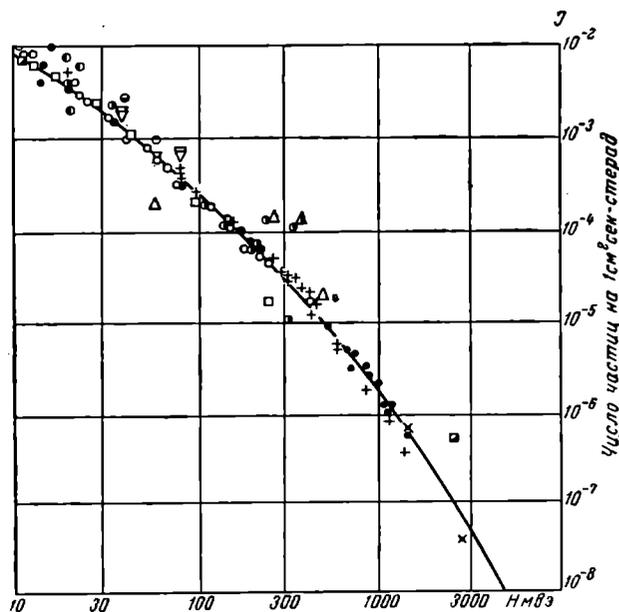


Рис. 1. Зависимость интенсивности космических лучей от глубины (в метрах водного эквивалента). На графике приведены экспериментальные значения, полученные разными авторами. Сплошная кривая — результат приведения всех экспериментальных данных к значениям интенсивности жесткой компоненты в вертикальном направлении

Е. Джордж обобщил фактические данные для различных глубин и привел их к единице интенсивности (к числу частиц, проходящих через  $1 \text{ см}^2$  за 1 сек. в 1 *стерадиане*). Эта работа выявила, что уменьшение интенсивности космических лучей происходит по степенному закону с показателем, несколько возрастающим с глубиной (рис. 1).

Использование полученной кривой поглощения положено в основу метода подземной регистрации космического излучения. Он позволяет решать целый ряд важных геолого-геофизических задач, в частности выделять объекты, отличающиеся по плотности от окружающих горных пород (например, рудные тела, карстовые пустоты), определять среднюю плотность горных пород, знание которой необходимо для интерпретации данных других геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, таких, как гравиразведка и сейсморазведка.

Посмотрим внимательно на рис. 1. Здесь по горизонтальной оси отложена глубина наблюдения, выраженная в метрах воды. Представим себе теперь, что на какой-то постоянной глубине есть горизонтальная гор-

ная выработка, параллельная поверхности земли. В этом случае интенсивность космического излучения, регистрируемая в разных точках выработки, будет, естественно, зависеть только от плотности вышележащих горных пород. Если плотность будет постоянной, то и величина интенсивности космических лучей также будет постоянной. При наличии рудного тела, плотность которого обычно больше плотности окружающих пород, интенсивность под ним резко уменьшится. Наоборот, под карстовой пустотой интенсивность космических лучей возрастет.

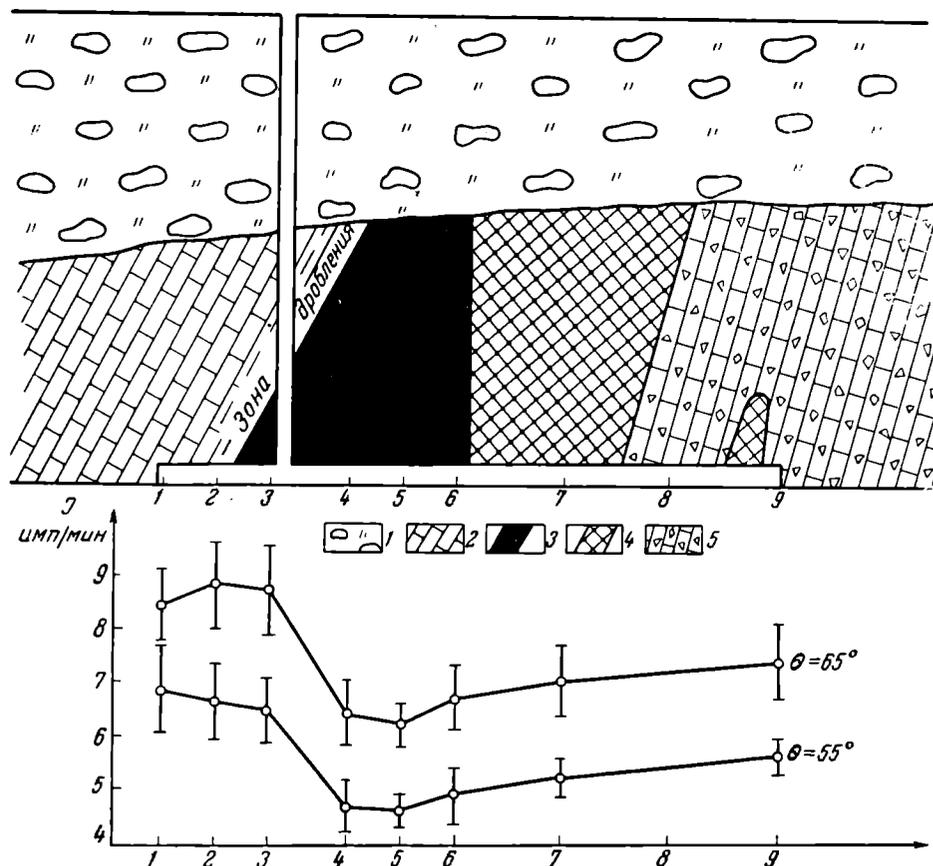
На практике дело обстоит несколько сложнее, так как обычно меняется не только плотность горных пород, но и глубина наблюдения (хотя обычно это поддается точному учету). Следует также принимать во внимание вариации интенсивности космических лучей, различия в химическом составе пород и руд и др. Однако оценка влияния этих факторов показала, что вносимые ими изменения невелики и легко учитываются, а в ряде случаев их вообще можно не принимать во внимание.

Аппаратура, которая используется при подземной регистрации космического излу-



Рис. 2. Работа с телескопом в одной из горных выработок

Рис. 3. Графики изменения интенсивности космического излучения вдоль горной выработки, полученные при помощи телескопов с разными телесными углами. Вверху — разрез полиметаллического месторождения и горных выработок: 1 — наносы, 2 — доломитизированный известняк, 3 — богатая руда, 4 — бедная руда, 5 — вкрапленное оруденение



чения, достаточно проста. Детектором (приемником) космических лучей обычно служат счетчики Гейгера или специальные кристаллы — сцинтилляционные счетчики. Заряженные частицы космического излучения, проходя через детектор, создают электрические (в счетчиках) или световые (в кристаллах) импульсы. Электронные схемы позволяют подсчитывать число импульсов, а следовательно, и космических частиц, прошедших через детектор. Обычно он состоит из двух или трех рядов счетчиков, расположенных друг над другом и включенных в схему совпадений. Такое расположение счетчиков позволяет избавиться от влияния частиц естественного радиоактивного фона и регистрировать только космическое излучение. Взаимное расположение счетчиков или кристаллов приемника и соответствующее их включение в электронную схему дает возможность регистрировать космические частицы, идущие в определенном телесном угле и в заданном направлении.

В Московском геолого-разведочном ин-

ституте им. С. Орджоникидзе под руководством проф. А. Г. Гархова совместно с сотрудниками Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН) были разработаны физические основы этого метода и его приложения. В качестве примера приведем результаты исследований на полиметаллическом и нефтегазоносном месторождениях.

Полиметаллическое месторождение расположено среди известково-доломитовых пород. Рудное тело состоит из галенита и сфалерита. Разность между плотностями окружающих пород и рудного тела около  $0,5 \text{ г/см}^3$ .

Наблюдения интенсивности космического излучения проводились в горизонтальной горной выработке, проходящей через пустые породы и рудное тело. На фотографии (рис. 2) запечатлен момент работы с телескопом в одной из горных выработок. Прибор обслуживают два человека. Для питания прибора достаточно батареи сухих элементов или аккумуляторов, дающих напряже-

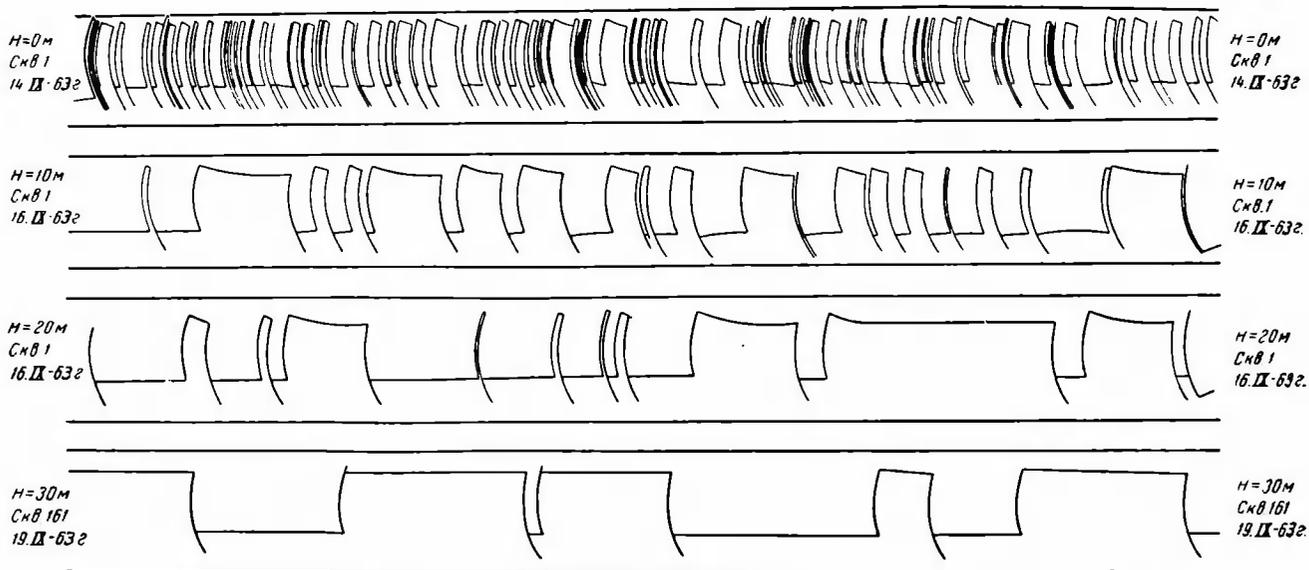


Рис. 4. Регистрация импульсов космического излучения при помощи самописцев на поверхности земли и на глубинах 10, 20 и 30 м

ние 12 в. Через определенное время прибор переносится в другое место. По результатам последовательных измерений строится график изменения интенсивности космических лучей вдоль горной выработки. Так как в каждой точке интенсивность излучения может меняться, то для сравнения полученных результатов определяют сначала время, за которое регистрируются равные потоки частиц  $N$ , а затем вычисляют, сколько частиц проходит через детектор за один и тот же интервал времени (обычно за 1 мин.). При этом ошибки измерений определяются

статистическими флуктуациями. Следовательно, для получения одной и той же степени точности на разных глубинах следует производить регистрацию потока космических лучей, проходящего через детектор за равные интервалы времени. Этот интервал будет однозначно определяться тем временем, в течение которого зарегистрируется необходимое для данной точности число импульсов.

На рис. 3 приведены графики изменения интенсивности космического излучения вдоль горной выработки на полиметаллическом

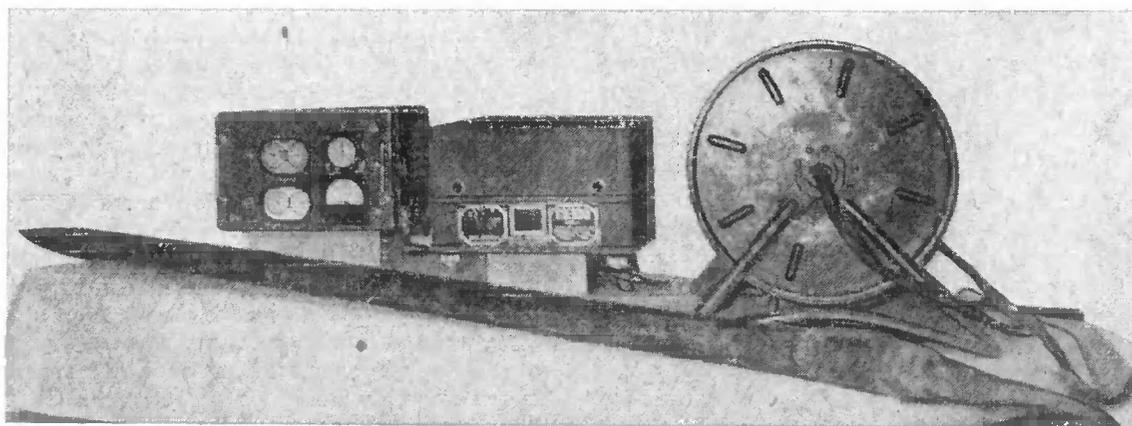
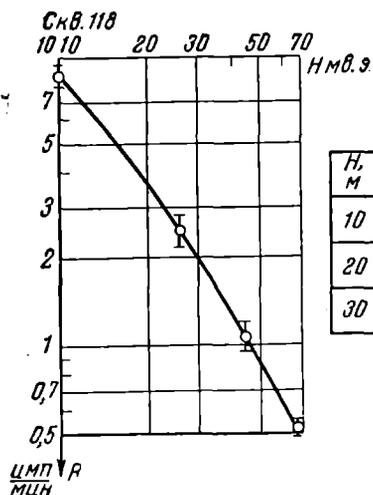
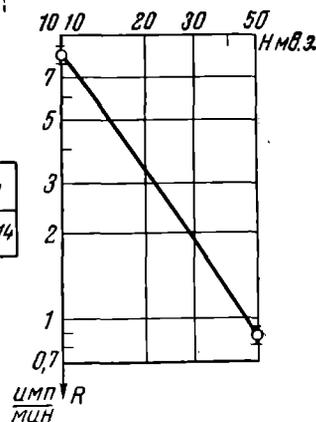


Рис. 5. Прибор для регистрации космического излучения в скважинах



H, м	R, имп/мин	$\sigma$ , г/см <sup>3</sup>
10	2,53 ± 0,24	1,60 ± 0,152
20	1,09 ± 0,11	1,71 ± 0,172
30	0,51 ± 0,016	1,89 ± 0,059



H, м	R, имп/мин	$\sigma$ , г/см <sup>3</sup>
20	0,895 ± 0,065	1,95 ± 0,14

Рис. 6. Зависимость интенсивности космических лучей от глубины для скважин 118 и 170. В таблицах приведены плотности горных пород  $\sigma$

месторождении. Видно, что на тех точках наблюдения, которые расположены под рудным телом, величина интенсивности космических лучей меньше, чем в пределах окружающих пород. Это естественно, так как за счет увеличенной плотности рудного тела увеличилась и масса, которую проходят космические лучи. Поэтому в этом объеме пород частицы поглощаются больше. В правой части выработки встречаются бедная руда и вкрапленное оруденение. Эти участки содержат уже меньше тяжелых элементов (свинца и цинка), поэтому уменьшается и плотность, а следовательно, повышается интенсивность космических лучей.

Другая область применения метода — определение средних значений плотности горных пород. В буровую скважину на заданную глубину опускается детектор космических лучей в специальном герметизированном снаряде. Электрические импульсы от детектора по кабелю передаются на поверхность. На рис. 4 приведена запись импульсов на поверхности земли и на глубинах 10, 20 и 30 м за один и тот же интервал времени. Видно, что, во-первых, с глубиной потоки космических частиц за равные промежутки времени уменьшаются и, во-вторых, космические частицы проходят через детектор неравномерно. Поэтому для того, чтобы получить достаточную точность наблюдений, необходимо записать большое число импульсов.

Непосредственно плотность горных пород определяется по градуировочной кривой дан-

ного прибора. Эта кривая обычно снимается в каком-нибудь глубоком водном бассейне и аналогична кривой глубинного хода космических лучей, приведенной на рис. 1. Градуировочная кривая справедлива только для данного типа приборов, так как ее вид зависит от характеристик детектора: в основном от величины того телесного угла, в пределах которого регистрируются частицы космического излучения. Общий вид прибора для регистрации глобальной интенсивности космического излучения показан на рис. 5.

Располагая градуировочной кривой и зная интенсивность космического излучения в горных породах на данной глубине, нетрудно определить и среднюю плотность. На рис. 6 приведены результаты определения плотности горных пород по двум скважинам. Здесь же показаны графики изменения интенсивности космического излучения, а в таблицах приводятся данные о глубине наблюдения, зарегистрированной интенсивности и величинах плотности.

Итак, разработанный метод позволяет проводить обследование окрестностей горных выработок и скважин. Более того, он дает сведения о горных породах, расположенных между выработками или скважинами.

Я. Л. Блох  
Институт земного магнетизма, ионосферы  
и распространения радиоволн АН СССР (Москва)  
В. М. Бондаренко  
Московский геологоразведочный институт  
им. С. Орджоникидзе (Москва)

УДК 550.834

# ГЛАЗ И МОЗГ

*Один из способов исследования деятельности мозга—изучение зрительных функций. Орган зрения осуществляет тончайший анализ малейших изменений в окружающем нас мире. Вспомогательным механизмом, обеспечивающим такую совершенную работу зрительного аппарата, служат мышцы глаза. Движения глаз крайне разнообразны и управляются различными отделами головного мозга.*

## КАК ДВИГАЮТСЯ ГЛАЗА

**И**звестно, что у любого здорового человека, когда он рассматривает неподвижную точку, глазные яблоки совершают постоянные движения, которые можно обнаружить только специальными, очень чувствительными методами (рис. 1).

На глазном яблоке при помощи так называемой присоски Ярбуса укрепляется маленькое зеркальце, на которое направляется пучок света от осветителя. Отражаясь от этого зеркальца, две ярко освещенные линии процируются на щель, за которой движется пленка. Если одна из этих линий перпендикулярна щели, а другая расположена под углом  $45^\circ$  к ней, то на двигающуюся фотопленку попадают две световые точки в месте пересечения каждой освещенной линии и щели. Мельчайшие движения глаза приводят к смещению этих световых точек на пленке и регистрации горизонтальной и вертикальной составляющих движений глаза. Пример полученной этим способом записи приведен на рис. 1,Б.

На кривых отчетливо видны постоянные мелкие колебания глаза очень большой частоты (до 100 колебаний в секунду) — так называемый тремор. Кроме того, происходит плавное смещение глаза, прерываемое

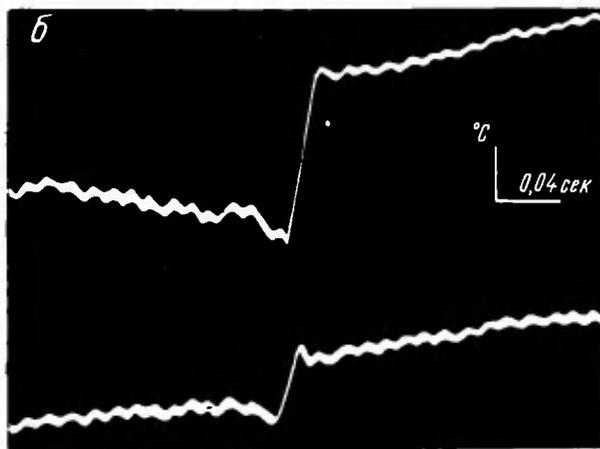
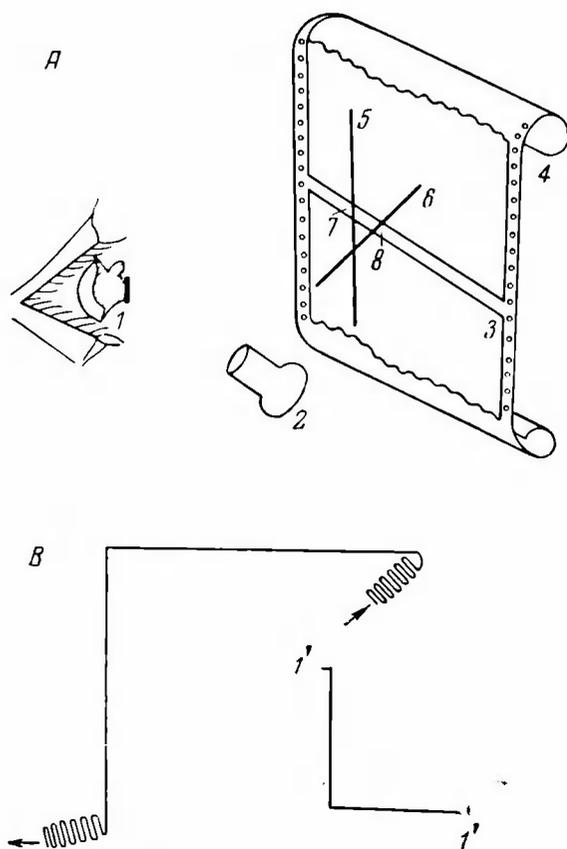


Рис. 1. А. Схема установки для записи микродвижений глаза: 1 — присоска Ярбуса с зеркальцем, укрепленная на глазном яблоке; 2 — осветитель; 3 — щель фотокимографа; 4 — пленка; 5 — световая линия, перпендикулярная щели; 6 — световая линия, процируемая под углом в  $45^\circ$  к щели; 7 и 8 — места пересечения световых линий и щели. Б. Запись микродвижений глаза при рассматривании неподвижной точки. Справа — масштаб записи: по вертикали — смещение глаза в угловых минутах, по горизонтали — время в секундах. В. Траектория перемещения зрительной оси, реконструированная на основании записей

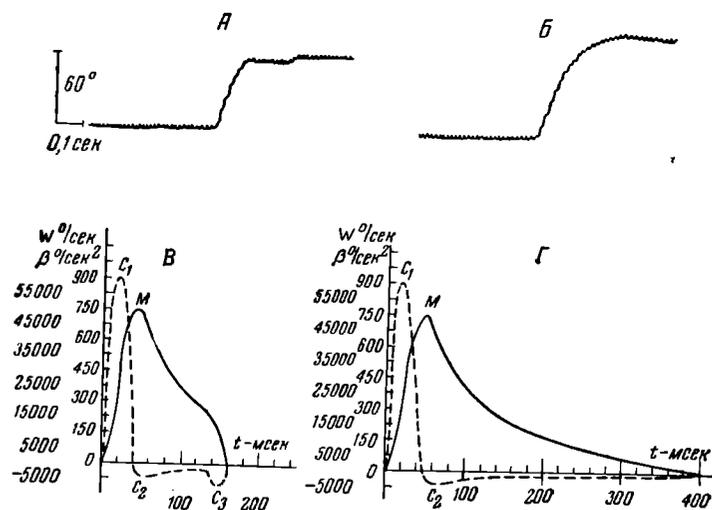


Рис. 2. Электроокулограммы скачков глаза: «точные» (А) и «неопределенные» (Б). На кривых — отметки времени, 20 миллисекунд. Под каждой кривой — график изменения скорости (сплошная линия) и ускорения (прерывистая линия) во время скачка (В и Г)

скачком — дрейф. Сопоставление верхней и нижней кривой позволяет установить, что этот скачок как бы дробится на две взаимно перпендикулярные составляющие (рис. 1, В). Другими словами, для перемещения по диагонали глазное яблоко совершает быстрое движение по горизонтали и затем — дополнительный скачок по вертикали. Скорость дрейфа глаза обычно составляет одну шестидесятую углового градуса в секунду. Во время скачка скорость движений глаза достигает 900—1000 градусов в секунду. Таким образом, от самого медленного до самого быстрого движения скорость может возрасти в 50—60 тыс. раз. Примерно такое же различие, как в скорости движения улитки и искусственного спутника Земли.

Тремор, дрейф и скачки — это три основных типа движений глаза при фиксации неподвижной точки. Можно ли на основании этих движений сделать какие-нибудь выводы о работе мозга?

Прежде всего, обращает на себя внимание «дробление» скачка на вертикальную и горизонтальную составляющую. Известно, что в стволе мозга есть отдельные центры, управляющие горизонтальным и вертикальным зрением. Крупные произвольные скачки в диагональном направлении происходят в результате согласованной работы этих ство-

ловых центров. При произвольных фиксации скачках такой «интеграции» стволовых центров может не быть, в результате чего, по-видимому, и возникает дробление скачка.

Скачкообразные движения глаза наблюдаются не только при рассмотрении неподвижной точки, но также при смене точек фиксации. Интересно, что при переводе взгляда с одного предмета на другой нельзя произвольно ускорить или замедлить скачок. Графическая запись возникающего при этом движения глаза приведена на рис. 2, А. Как видно из рисунка, такой скачок характеризуется большой точностью и резкой остановкой глаза в определенном положении. Вместе с тем, если предложить испытуемому: «смотрите вправо», т. е. без конкретизации объекта, на котором нужно фиксировать зор, — то возникает скачок другого типа, завершающийся плавной, постепенной остановкой глаза (рис. 2, Б).

Отличие «точных» скачков от «неопределенных» становится наиболее отчетливым при рассмотрении кривых изменения скорости (сплошная линия) и ускорения (прерывистая линия) во время скачка (рис. 2, В и Г). Как видно из рисунка, в обоих случаях кривая ускорения характеризуется подъемом  $C_1$ , который соответствует силе запуска скачка. Остановка глаза при неопределенных скачках (см. рис. 2, Г) происходит под влиянием только одной пассивной силы  $C_2$ , которая связана в основном с вязкостью мышц. Вместе с тем при «точных» скачках (см. рис. 2, В), помимо этой пассивной силы  $C_2$ , остановка глаза происходит под влиянием активной силы  $C_3$ , обусловленной сокращением мышц-антагонистов.

Таким образом, во время скачкообразного движения глаза происходит определенное взаимодействие активных сил «запуска» и «тормоза» скачка с пассивными силами, оказывающими влияние на глазное яблоко.

Скачкообразные движения — это один из основных типов произвольных движений глаз. На рис. 3, А видно, что при рассмотрении контуров неподвижного круга движения глаз состоят из отдельных остановок (жирные черные точки) и скачков (тонкие

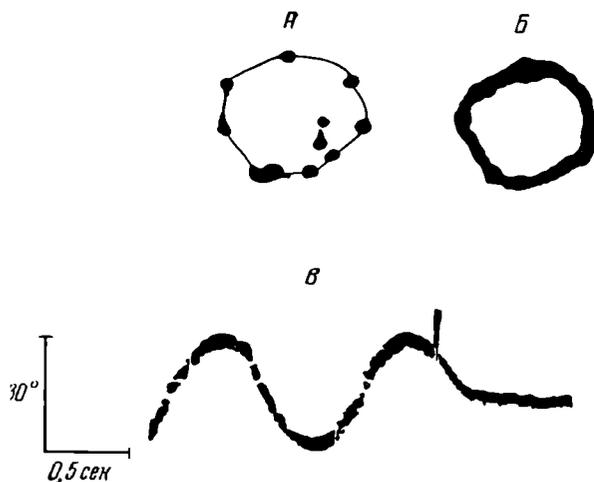


Рис. 3. Электроокулограмма движений глаза при обведении контуров круга (А) и при слежении за точкой, перемещающейся в поле зрения по кругу (В и В')

линии). Вместе с тем, при перемещении фиксируемой взглядом точки по кругу возникают другие движения глаз — плавные прослеживающие (рис. 3, В).

До сих пор мы говорили о перемещении взора в пространстве. Не меньший интерес представляет изучение этого процесса во времени. Это показано на нижней части того же рисунка (рис. 3, В'). При слежении за лампочкой, перемещающейся в поле зрения по кругу, глаз совершает плавное движение. После выключения этой лампочки (вертикальный столбик на кривой) глазное яблоко еще некоторое время продолжает так же двигаться. Если бы это было связано с инерцией, то глазное яблоко продолжало бы двигаться по касательной. На самом же деле его движения проходят по той же траектории, по которой оно перемещалось до выключения прослеживаемой лампочки.

Этот факт позволяет предположить, что в мозгу существует система «предвидения» будущего поведения на основе предшествующего опыта. Моделирование этого биологического явления представляет большой интерес для науки и практики.

### МЫШЕЧНЫЕ ВЕРЕТЕНА

Каким образом достигается исключительная точность глазных движений? Как объяснить согласованную работу мышц, обеспечивающих движение каждого глаза, если

учесть, что тяга этих мышц действует в шести различных направлениях?

Известно, что между мышцами глаза существуют так называемые рецепторные отношения, когда сокращение одной из мышц сопровождается расслаблением другой, прикрепленной с противоположной стороны глазного яблока. Такая согласованность в работе глазных мышц возможна только при наличии специальных чувствительных образований, рецепторов, расположенных непосредственно в мышце. Наиболее ценные сведения о состоянии мышц поступают в нервную систему от мышечных веретен. В каждой мышце глаза около 50 таких веретен, размеры которых не превышают 1—1,5 мм.

В состав веретена входит несколько мышечных волокон, а в средней его части расположены чувствительные образования (миотрубка и ядерная сумка), от которых отходят чувствительные нервные волокна в ствол мозга.

Мышечные веретена укреплены параллельно крупным двигательным волокнам, составляющим основную массу мышцы. Поэтому при растяжении мышц импульсация, идущая от веретена, усиливается, а при ее сокращении — уменьшается. Характер этих импульсов зависит также от напряжения мышечных волокон, расположенных внутри веретена.

К ним подходят самые тонкие гамма-эфферентные волокна, по которым нервный импульс распространяется со скоростью 7—10 м/сек. Вместе с тем, к крупным волокнам, составляющим основную массу мышц, подходят наиболее толстые альфа-эфферентные нервные волокна, имеющие значительно большую скорость проведения (до 120 м/сек). Нервные импульсы, поступающие по гамма-эфферентным двигательным волокнам, изменяют напряжение мышечных волокон внутри веретена.

Таким образом, центральная нервная система имеет возможность менять чувствительность периферического рецептора, расположенного в мышце. Тем самым достигается очень точная координация глазных движений. Она осуществляется в стволе мозга.

Сигналы от мышечных веретен не доходят до сознания. Это можно установить специальными опытами. Если у здорового взрослого человека в полной темноте поворачивать глазное яблоко пинцетом, то испытуемый не ощущает, в каком направлении произведен поворот.

## ЧТО ТАКОЕ ГОЛОВОКРУЖЕНИЕ

В управлении движениями глаз принимают участие не только периферические чувствительные органы, но также центральные образования. Имеются бесспорные факты, указывающие на то, что существует специальная система измерения «сигнала команды», возникающего в корковых центрах, которые ведают произвольными глазными движениями. Когда мы поворачиваем глаз, изображения всех окружающих нас предметов смещаются на сетчатке. Однако у нас не возникает ощущения, что эти предметы движутся. Связано это с тем, что сигнал о смещении изображений по сетчатке как бы «нейтрализуется» другим сигналом, идущим от центра произвольного взора.

Такое сопоставление или, как его иначе называют, «сличение» различных сигналов, идущих от сетчатки и от коркового центра произвольного взора, происходит в определенных структурных образованиях нервной системы. При некоторых условиях может наступить «несогласованность» этих различных сигналов, в результате чего возникает иллюзия движения окружающих предметов — головокружение.

Такое несогласование наступает, например, у больных, у которых в результате паралича глазных мышц отсутствуют движения глазных яблок. В таких случаях при безуспешной попытке поворота глаз нет сигнала от сетчатки. В результате сообщение о величине «сигнала команды», возникшего в корковых центрах произвольного взора, не может быть нейтрализовано, и у больного возникает иллюзия движения окружающих предметов в поле зрения.

Иллюзия движения окружающих предметов возникает и по другой причине — в результате отсутствия «сигнала команды» в корковых центрах произвольного взора.

Попробуем надавить пальцем на глазное яблоко в углу глазной щели. При этом произойдет смещение изображения на сетчатке, которое приведет к ощущению движения окружающих предметов.

Повторные ритмичные движения глаза — нистагм — возникают при вестибулярном раздражении. Эти движения глаз произвольны, и поэтому смещение изображения по сетчатке приводит к головокружению. При вестибулярном нистагме сигналы от сетчатки не могут быть «нейтрализованы» сигналами от центров произвольного взора, в результате чего и возникает, по-видимому,

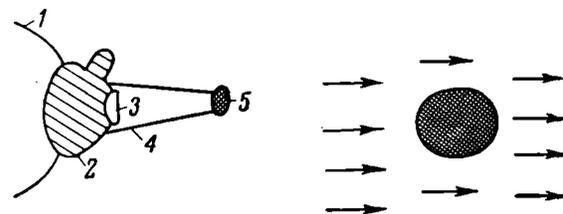


Рис. 4. Экспериментальная «станровка» головокружения. Слева — схема присоски, укрепленной на глазном яблоке: 1 — глаз; 2 — корпус присоски; 3 — окошечко, закрытое стеклом; 4 — стальные струны; 5 — заслонка. Справа — показано, как при вестибулярном раздражении возникает головокружение — ощущение движения всех видимых предметов, а черная заслонка (в центре) кажется неподвижной

ощущение того, что окружающие предметы двигаются. Попробуем устранить такую несогласованность различных сигналов. Для этого укрепим на глазном яблоке перед зрачком с помощью присоски маленькую черную заслонку (рис. 4). Эта заслонка закрывает только центральные отделы сетчатки, а зрение в ее периферических отделах сохранено. Если испытуемому с такой заслонкой на одном глазу закрыть другой глаз повязкой и вызвать вестибулярный нистагм (вращая больного в специальном кресле), то у него возникнет головокружение. В этом случае ощущается движение всех окружающих предметов, за исключением черной заслонки, которая будет казаться неподвижной.

Такой опыт с экспериментальной «станровкой» головокружения в центре поля зрения подтверждает, что эта своеобразная иллюзия связана с несогласованностью различных сигналов.

## ДВИЖЕНИЕ ГЛАЗА ПРИ ПОРАЖЕНИЯХ МОЗГА

Глаз — один из наиболее чувствительных показателей нарушения нормальной деятельности головного мозга. Именно поэтому врачи-невропатологи придают большое значение исследованию зрительных функций глаза и его движения. По характеру нарушения движений глаз судят о месте поражения в головном мозгу. Примером могут служить нарушения оттокинетического нистагма — ритмичных движений глаз, которые состоят из медленной фазы — слежения — и быстрой фазы — скачка (рис. 5, А). Такие движения наблюдаются у любого здорового человека, когда он смотрит, например, в окно движущегося поезда. Пробегающие в его поле зрения предметы вызывают следящие движения глаз. Затем глазные яблоки совершают скачок в обратном направлении и

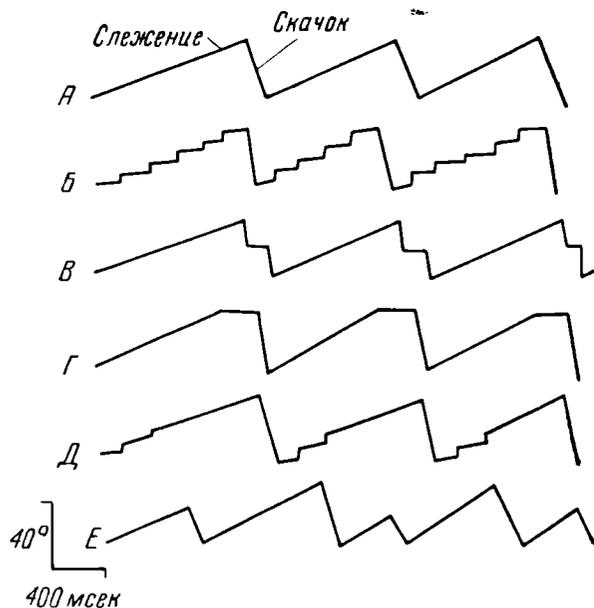


Рис. 5. Схема нарушения движения глаза при очаговых поражениях головного мозга

начинают проследивать новый предмет.

При очаговых поражениях мозга наблюдаются самые различные нарушения оттокинетического нистагма. У некоторых больных прослеживание утрачивает плавность (рис. 5, Б), у других больных дробится скачок (рис. 5, В). Такое дробление скачка в одном направлении (например, вправо) может указывать на очаговое поражение мозга с другой стороны. У многих больных нет никаких нарушений прослеживания и скачка. Вместе с тем нистагм грубо изменен, так как нарушена связь между отдельными его фазами. У некоторых больных этой группы нарушен переход от слежения к скачку (рис. 5, Г) у других — переход от скачка к слежению (рис. 5, Д). Такие нарушения (связи отдельных фаз нистагма) обычно наблюдаются при очаговых поражениях полушарий головного мозга. И, наконец, есть больные, у которых не обнаруживается никаких изменений слежения, скачка и связи между ними. Зато грубо нарушен ритм нистагма (рис. 5, Е).

Эти клинические данные дают возможность предположить, что в нервной системе существуют специальные механизмы для регуляции прослеживающих движений глаз, скачкообразных движений, перехода от прослеживания к скачку и от скачка к слежению, а также для регуляции ритма нистагма.

На рис. 6 сделана попытка изобразить

взаимодействие этих отдельных механизмов в виде схемы. Такая «модель» управления глазодвигательным аппаратом пока еще очень далека от действительности.

Каждый из приведенных на схеме механизмов по существу является сложной системой, которая включает различные подчиненные механизмы. Так, например, скачкообразное движение является результатом сложного взаимодействия силы запуска и «тормоза» скачка. Плавность следящих движений, по видимому, связана с механизмом предвидения — экстраполяции.

Кроме того, в управлении глазодвигательным аппаратом несомненно принимают участие пока еще неизвестные механизмы, которые не изображены на схеме.

Однако построение упрощенной и схематизированной модели управления движениями глаз все же оправдано. Это позволяет намечать новые эксперименты и строить гипотезы о будущих их результатах.

Перед исследователями стоит задача прежде всего выяснить, какие структуры нервной системы участвуют в организации двигательных функций глаз.

Было бы целесообразно также построить технический аналог той мысленной модели, которая приведена на схеме рис. 6. Он мог бы иметь значение для проверки некоторых данных физиологии, а также для создания новых технических систем слежения.

Итак, исследование взаимодействия мозга и глаза может открыть многое.

Неудивительно поэтому, что движение глаза ныне изучают не только врачи и физиологи, но и физики, математики и специали-

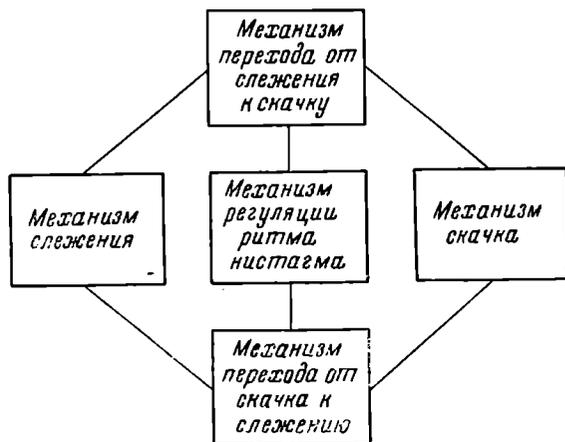


Рис. 6. Модель управления двигательным аппаратом глаз

сты в области автоматике. Цель этих исследований — использовать созданные природой в процессе длительной эволюции замечательные приспособительные механизмы, обеспечивающие в живом организме совершенную систему регулирования и слежения. Такие исследования имеют не только прикладное значение, они представляют боль-

шой теоретический интерес, так как способствуют развитию науки об общих законах управления в живых организмах и технических системах.

А. Р. Шапович

Научно-исследовательский институт нейрохирургии  
ц.м. акад. Н. Н. Бурденко АМН СССР (Москва)  
УДК 612.84

## Заметки, Наблюдения

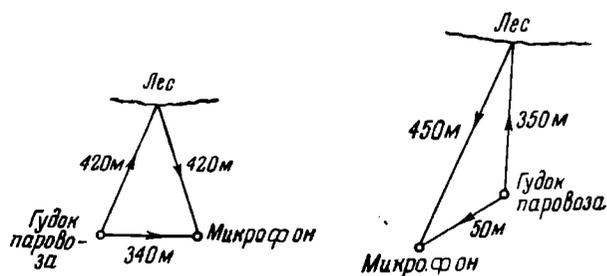
### ЭХО ЛЕСНОГО МАССИВА

Изучение эха в атмосфере может дать полезные сведения и об отражающей поверхности, и о среде, в которой звук распространяется

Мы провели регистрацию и анализ спектра эха от расположенного на холме лесного массива. При помощи портативного магнитофона «Репортер-2» с микрофоном МД-54 регистрировались прямой звук паровозного гудка и его отражение от соснового леса. Полученные результаты были проанализированы на акустическом анализаторе в Московском университете. При этом учитывалась неравномерность частотной характеристики звукозаписывающей аппаратуры.

Регистрация сигналов происходила при тихой и безоблачной погоде утром, днем и вечером. На рисунках представлены схемы опытов и частотного анализа прямого и отраженного от леса звука паровозного гудка для двух случаев. В первом из них путь прямого звукового сигнала составлял 340 м, отраженного — 840 м. Во втором — прямой звук проходил расстояние 50 м, отраженный — 800 м.

Из рассмотрения рисунков следует, что максимум энергии в звуковом спектре различных паровозных гудков приходится на частоты 0,5—1,2 кгц, наи-



Схемы первого и второго опытов

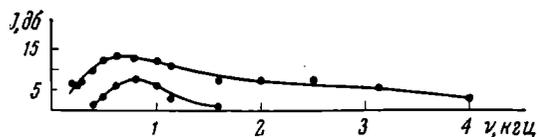
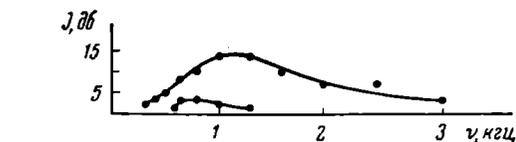
большая же энергия в спектре эха в обоих случаях падает на одну и ту же частоту — 0,8 кгц. Это обстоятельство указывает на особенности отражающей поверхности. Среднее расстояние между стволами отражающего звук лесного массива составляло 1,5—2 м. Диаметр стволов на высоте 2 м находился в пределах 20—35 см. Можно поэтому считать, что отражение от стволов звуковых волн длиной около 0,4 м (это соответствует максимальной энергии в спектре эха) было весьма незначительным. Решающую роль в образовании эха в наших условиях мы приписываем кронам деревьев. Сопоставление акустического спектра источников указывает на заметное увеличение поглощения высокочастотных составляющих с увеличением пробега звуковых волн<sup>1</sup>.

При восприятии на слух кажется, что эхо паровозного гудка обладает более высокой тональностью, чем источник. Происходит это из-за маскирующего влияния низких частот, имеющих в спектре источника большую энергию.

Профессор В. И. Арабаджи

К. И. Рудик

Минск



Акустический спектр паровозных гудков и их эхо. Пробег прямого звука — 340 м, отраженного — 840 м (верх); пробег прямого звука — 50 м, отраженного — 800 м (низ)

<sup>1</sup> Ординаты на графиках выражают энергию звука в относительной мере (абсолютная калибровка регистрирующей аппаратуры в нашу задачу не входила).

## СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ КАЛЬМАРОВ

Все, кому приходилось наблюдать живых кальмаров, отмечают их изумительную способность мгновенно исчезать, когда появляется опасность. При бегстве кальмары могут выпрыгивать из воды, что уже само по себе свидетельствует о достаточно высокой скорости их движения в момент, предшествующий прыжку.

Скорость плавания водных организмов, как известно, зависит, в первую очередь, от степени развития движителя, его способности создавать достаточно большую силу тяги. Кроме того, немаловажное значение имеет форма тела организма, которая определяет условия обтекания.

Величина силы тяги, создаваемой движителем, численно пропорциональна вызываемому ею изменению количества движений организма за единицу времени. Масса воды, используемая головоногими для создания движущей силы, определяется величиной объема мантийной полости<sup>1</sup>. Для кальмаров *Ommastrephes sagittatus* Lam., по нашим исследованиям, максимальный объем мантийной полости составляет в среднем половину полного объема тела. Время одного импульса для этих кальмаров в момент их реактивного движения составляет  $\frac{1}{6}$  сек.

Скорость выбрасывания струи воды из воронки рассчитывается следующим образом. Известно, что всякое тело, брошенное под некоторым углом к горизонту с какой-то начальной скоростью, движется (не учитывая сил сопротивления воздуха) по параболической траектории. По наибольшему расстоянию полета выбрасываемой струи можно вычислить ее начальную скорость.

*O. sagittatus*, длиной 20 см, находясь в горизонтальном положении, выбрасывает из воронки струю воды, которая пролетает

в воздухе около 6 м, угол выбрасывания струи — порядка 10°.

При условии равномерного движения кальмара в воде, величина силы тяги, развиваемая движителем, численно равна силе сопротивления. Коэффициент минимального лобового сопротивления определяется в основном силами трения. Сопротивление трения сильно зависит от числа  $Re^1$  и падает по мере его роста, достигая наименьших значений при  $Re$  порядка  $10^5$ — $10^6$  (Прандтль, 1951). Это число, рассчитанное для *O. sagittatus*, длиной 20 см, составляет  $1,8 \cdot 10^6$ . Величина сил трения зависит также от степени гладкости обтекаемой поверхности, в данном случае от гладкости кожи кальмара.

У пектонных пелагических кальмаров во время движения тело покрыто тонким слоем слизи, которая устраняет весьма незначительную шероховатость кожи. У других кальмаров, в частности, *O. sagittatus*, шероховатость кожи, лишенной слизи, настолько мала, что отдельные элементы шероховатости не выходят из ламинарного подслоя пограничного слоя.

Условно можно принять, что коэффициент лобового сопротивления *O. sagittatus* составляет 0,04 — величину коэффициента лобового сопротивления, найденного экспериментально для тел вращения, по своей форме весьма близких к форме тела нектонных кальмаров. По-видимому, условно принятая нами величина коэффициента лобового сопротивления для *O. sagittatus*, завышена, ибо кальмары способны управлять своим пограничным слоем, что связано с уменьшением величины лобового сопротивления. Кальмары периодически во время движения производят отсасывание воды через широко открытую мантийную щель внутрь мантий-

<sup>1</sup> Туловище моллюска со всех сторон одето мантией, прирастающей к нему на спинной стороне и отделенной от него обширной мантийной полостью на брюшной. В мантийной полости находятся жабры и внутренности моллюска.

<sup>1</sup> Число, характеризующее отношение силы инерции к силе трения, называют числом Рейнольдса в честь английского ученого Осборна Рейнольдса.

ной полости, что ведет к предотвращению накопления жидкости в пограничном слое, и тем самым, к уменьшению сопротивления.

Сила сопротивления равна:  $F_1 = c \cdot S \frac{\rho v_0^2}{2}$ , где  $c$  — коэффициент лобового сопротивления,  $S$  — площадь наибольшего поперечного сечения тела,  $\rho$  — плотность воды

$$v_0 = \sqrt{\frac{2mv}{tcS\rho}}$$

Величина скорости реактивного движения *O. sagittatus*, длиной 20 см, согласно нашим расчетам, составляет 41,0 км/час,

или 22,2 миль/час. Мощность двигателя этого кальмара, определяемая по формуле  $N = \frac{mv^2}{t}$ , составляет всего около 2 кгм/сек.

Полученная скорость довольно значительна, если учесть, что размеры исследованного кальмара совсем невелики. С увеличением длины организма, согласно концепции акад. В. В. Шулейкина, должны расти и скорости его движения. Нужно думать, что крупные кальмары плавают еще с большей скоростью.

Г. В. Зуев

Институт биологии южных морей АН УССР  
(Севастополь)

УДК 591.177

## ВСТРЕЧИ ЗА ПОЛЯРНЫМ КРУГОМ

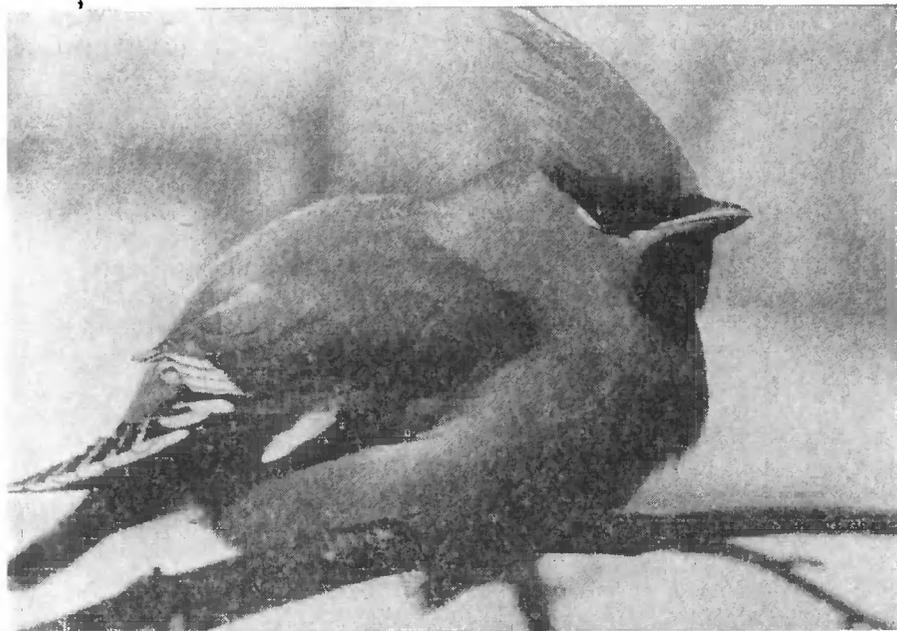
Не впервые на страницах журнала «Природа» сообщается о встречах за Полярным Кругом с представителями животного мира, ранее там не обитавшими, зашедшими туда из более южных широт. Поскольку эти встречи все учащаются, то можно считать, что мы сейчас живем в период довольно

устойчивого продвижения более южных форм животного мира за Полярный Круг, в субарктическую зону.

В Ненецком национальном округе Архангельской области вышел из тайги лось и стал постоянным обитателем тундры. В летнее время с появлением оводов и кровососущих насекомых он покидает заросли ивняка и березы в речных поймах, пересекает всю тундру в северном направлении и до глубокой осени держится у моря или на прибрежных островах, переплывая проливы (о-ва Долгий и Сенгейский). Еще не так давно это животное своим появлением в тундре вызывало крайнее удивление коренного населения.

Отмечено несколько случаев попадания в капканы, поставленные на песка, куниц, причем далеко от границы леса.

Прочно обосновался в тундре бурый медведь, который появляется там не только в летний период, но стал оставаться и на зимовку. Обилие ягод, яиц прилетающих на гне-

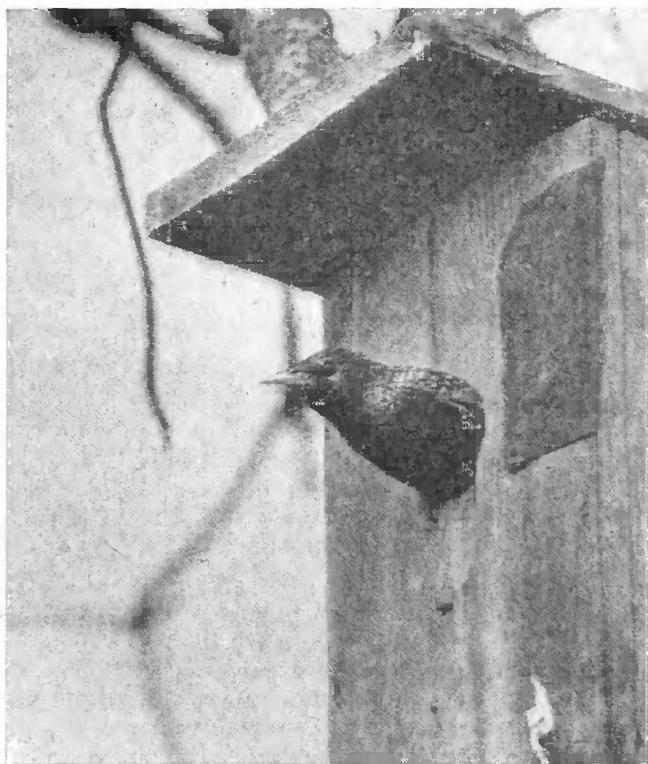


Впервые местные жители увидели в своих краях одну из красивейших птиц наших лесов — свиристеля

здовье и местных птиц, а также выбросы моря обеспечивают ему прочную кормовую базу. Более того, бурый медведь настолько освоился в тундре, что приобрел вкус к оленине, и там, где он появляется, начинает конкурировать в хищничестве с волком. Летом 1960 г. охотник из деревни Великое убил двух бурых медведей из трех, встреченных им в устье одноименной речки, впадающей в Чешскую губу. В апреле того же года, охотясь с самолета на волков, стрелок К. М. Дуркин убил медведицу и забрал двух медвежат у берлоги в 100 км на север от границы леса. Автор заметки в течение пяти лет (с 1958 по 1962 г.) встречал медведя в тундре у Паханческой губы, а в 1960 г. обнаружил в 10 км от берега моря его свежевырытую берлогу. Нам неоднократно жаловались оленеводы колхоза «Харп» на упорное преследование медведями оленей на пастбищах в районе р. Черной и Вангурейской возвышенности (Большеземельская тундра).

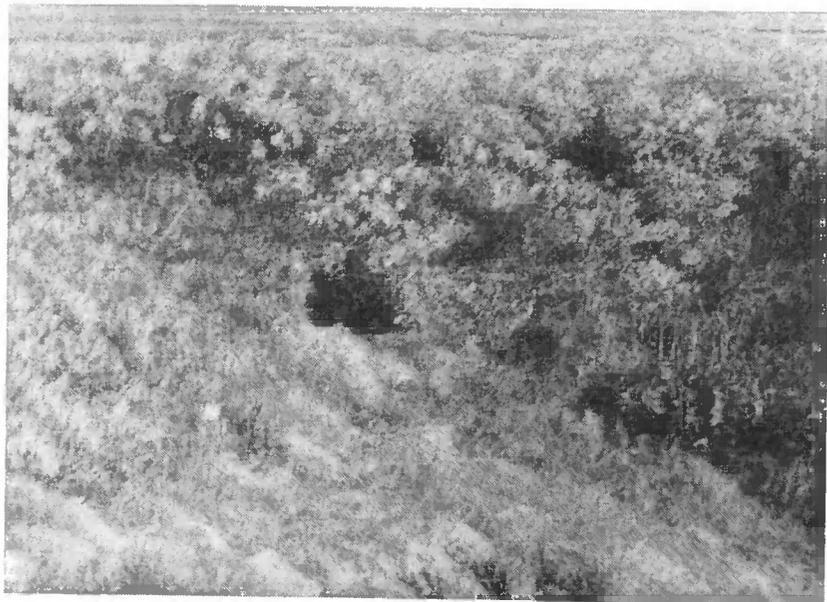
Мы не останавливаемся здесь на заселении тундры красной лисицей, местами поставившей под угрозу уничтожения аборигена тундры — белого песца. Об этом уже сообщал в журнале «Природа» охотовед В. Д. Скворцов<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1961, № 1, стр. 104.



Скворцы заняли скворешню возле средней школы и благополучно вывели птенцов

Фото Н. Митрофанова



Медвежья берлога в тундре

Особенно любопытно сообщение оленеводов колхоза им. Выучейского, которые на пастбищах у Колоколкиной губы (Малоземельская тундра) увидели зимой следы зверя, ранее никогда не встречавшиеся. По описаниям они принадлежали рыси. Вскоре появились уже две рыси и начали нападать на оленей в их стадах.

В 1958 г., весной, в Нарьян-Маре, на территории сельскохозяйственной опытной станции сотрудники увидели скворца, который пытался обосноваться в одной из скворешен, увы, уже занятой воробьями. В 1959 г. их прилетела пара, но где они устроились, тогда ос-

талось невыясненным. С этого времени их видели ежегодно, а в 1962 г. пара скворцов заняла скворешню возле средней школы и благополучно вывела птенцов. До 1958 г. скворцов здесь никто никогда не встречал.

Дважды за пять лет на территории сельскохозяйственной станции весной и в начале зимы автору этой заметки довелось наблюдать стайки свиристелей и снегирей, что здесь также считается редкостью. Снегирей кое-кто еще видел, а свиристелей местные жители даже не знают.

Однако венцом всего оказалось появление за Полярным Кругом совершенно необычной птицы. Директор краеведческого музея в Нарьян-Маре А. М. Лопатина получила от школьников шкурку «удивительной» птицы, которую они ранней весной подобрали в полузамерзшем состоянии. Сначала они держали ее у себя, однако птица ничего не ела и вскоре погибла. Осмотренная нами шкурка принадлежала самцу чибиса в брачном оперении. Сначала мы предположили, что птица где-то далеко южнее была вовлечена в циклон и вынесена за Полярный Круг. А, может быть, она пристала к стаям летевших на север птиц, по-

пала в тяжелые условия полярной весны и стала жертвой своей ошибки.

Но вот не так давно мы снова обнаружили такую же птицу возле поселка Макарово, в 12 км от Нарьян-Мара, что соответствует приблизительно 67°60' с. ш. Ошибки здесь быть не могло, полет птицы имел характерный только для одного чибиса «почерк». Вскоре мы услышали и его тревожный крик и подверглись обычным атакам, которые предпринимает эта птица, отвлекая от своего гнезда. Поискав в траве, мы через несколько минут нашли и гнездо. Учитывая повторные находки чибиса за Полярным Кругом, мы считаем себя вправе назвать его одним из представителей более южных форм орнитофауны, уверенно продвигающихся на север.

Известно, что климат на Севере последнее время заметно изменился в сторону потепления и, как видно, это служит основной причиной появления в тундре представителей животного мира, ранее за Полярным Кругом, а тем более в тундре, не обитавших.

*Н. П. П я д ы ш е в*

*Москва*

УДК 591.543.43

## РОСА ПОД МИКРОСКОПОМ

Роса — один из важных факторов, влияющих на жизнедеятельность растений. Усиление процесса росообразования — это источник дополнительной влаги для полей и улучшения условий сохранения влаги при поливе. Известно, например, что в Англии, на Гибралтаре и других местах есть пруды, наполнение которых происходит только за счет росы. На Каспии рыбаки собирают росу в качестве пресной воды. На Канарских островах обилие росы позволяет просто собирать ее с листьев растений и т. п. Существенное количество росы дает дополнительную оценку они составляют несколько процентов годовой суммы осадков. Иногда, особенно в безоблачные периоды, роса — единственный источник влаги для растений. От интенсивности оседания росы зависит применение тех или иных лакокрасочных покрытий, условия эксплуатации ряда полевых машин, приборов и высоковольтных линий электро-

передачи: покрывая изоляторы пленкой воды или цепочками капелек, роса, как и туман, создает «каналы» для электрического разряда. Поэтому вполне естественно, что роса издавна привлекает внимание ученых.

Роса образуется на земной поверхности и на наземных предметах в результате радиационного выхолаживания их в течение ясных ночей. Она возникает тогда, когда температура охлаждающихся поверхностей опускается ниже температуры точки росы, при которой водяной пар достигает насыщения.

Приглядитесь к росинке, повисшей на листике. Она не смачивает лист, между ней и листом — воздушная прослойка. В присутствии капелек лист не только меньше испаряет, но и «согревается» за счет выделения скрытой теплоты конденсации. И это в тот момент, когда ночная прохлада может оказаться губительной для листа.

Теория образования росы разработана



Рис. 1. Распределение капелек росы по размерам: 1 — на оголенной поверхности почвы; 2 — на траве; 3 — на высоте 190 см. По вертикали отложено количество (в %) капель данного диаметра (через 2 мк)

недавно (М. Е. Берлянд, 1954 г.), но до сих пор, к сожалению, все еще нет достаточного количества измерений росы, а работ, посвященных распределению капель росы по размерам, вообще нет. Между тем, развитие именно этого направления может пролить свет на многие вопросы образования росы.

В апреле 1962 г. под Кривым Рогом, в степи в течение нескольких тихих и безветренных ночей, когда происходило интенсивное радиационное охлаждение почвы, приводившее к выпадению росы и даже к возникновению слабого радиационного тумана, нами было произведено 145 микрофотографий (137 107 капель росы) и составлены спектры распределения капель по размерам.

Когда наступает ночь, почва еще не сильно охлаждена, на траве возникают невидимые глазом и неощутимые рукой капельки диаметром 1—2 мк. По мере дальнейшего охлаждения интенсивность образования росы увеличивается.

В начальной стадии (рис. 1) своего образования более половины собранного числа капелек имело диаметр меньше 9 мк, а на высоте 100—190 см и на оголенной почве — меньше 5 мк. На траве часто было заметно больше крупных капелек, чем на оголенной почве.

Интенсивность оседания капелек зависит от того, как ориентирован воспринимающий капельки слой масла, наносимый на применявшиеся в этом исследовании предметные стекла. Когда их положили на 10 мин. на

траву, то при температуре  $-1^{\circ}$  величина капелек и водность росы оказались больше на тех пробах, которые были обращены маслом к траве. По-видимому, здесь протекал процесс, подобный тому, как это бывает в оранжерее. В то же время с увеличением экспозиции до 15 мин. на пробах, обращенных маслом вверх, осаждались в большем количестве крупные капли. Кроме того, в течение каждой ночи происходит существенное изменение спектра капелек росы. Перед рассветом, при некотором усилении ветра или появлении слабого радиационного тумана отмечается укрупнение капелек росы. К утру разнообразие размеров капелек уменьшается. На предметных стеклах, пролежавших всю ночь, к утру сохраняются лишь крупные

капли, особенно те, в которых есть вкрапления пылинок. На рассвете, при кратковременном экспонировании проб, откладывались преимущественно мелкие капельки.

Одна из особенностей росы — это крайняя неоднородность оседания ее в зависимости от свойств поверхностей (рис. 2). Наблюдались случаи, когда на траве росы не было видно, и ее можно было обнаружить на предметном стекле лишь с помощью микроскопа. При потеплении отмечается изменение распределения капелек по размерам и образование пустот вокруг скоплений капелек, так называемых двориков. Капельки группируются на неровностях масла, образуя цепочки. Дворики хорошо видны и вокруг кристалликов угля. Одновременно в непосредственной близости могут существовать разные по размерам капельки, если они обволакиваются слоем масла.

Наиболее важная характеристика росы — ее водность<sup>1</sup>. Интересно, что с высотой водность росы меняется. Максимальная водность, равная  $0,215 \text{ г/м}^2$  за минуту на высоте 100 см, была связана не только с процессом образования росы, но и с оседанием капель радиационного тумана. Максимальная водность на оголенной поверхности почвы в 4 час. утра 8 апреля 1962 г. составляла  $0,273 \text{ г/м}^2$  за минуту.

По-видимому, при продолжительности оседания росы на слой масла около 6—7 час.

<sup>1</sup> Количество воды в граммах, оседающей за единицу времени на единице площади.

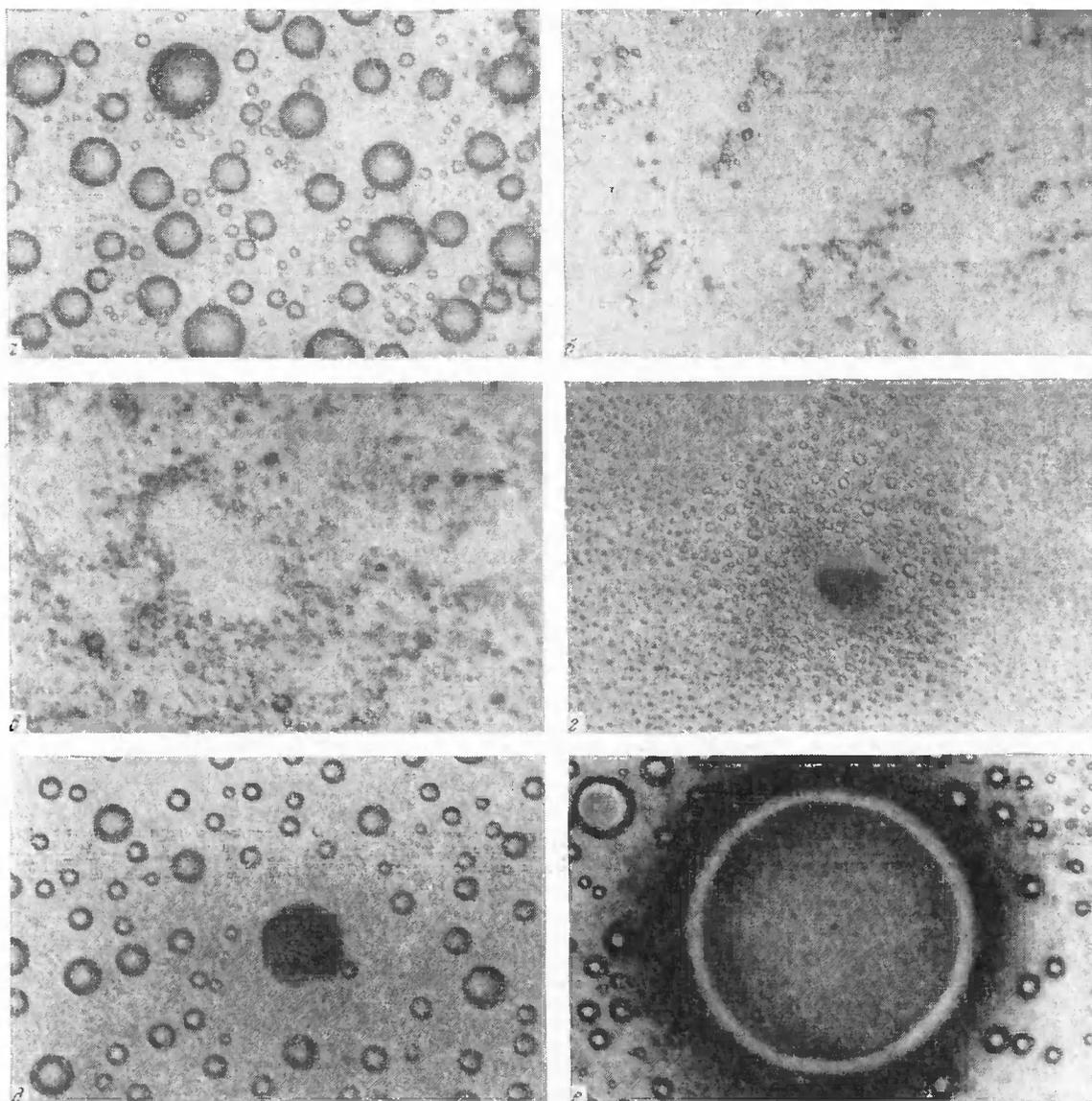


Рис. 2. Микрофотографии росы (площадь каждого кадра —  $1 \text{ мм}^2$ ): оседание мелких капелек на поверхности крупных (а); группировка капелек на неровностях масла (б); образование двориков (в, г, д); крупная капля, покрытая пылинками, рядом с мелкими каплями (е)

и достаточно низкой температуре общая сумма собранной влаги может достигать  $350 \text{ г/м}^2$  за ночь. На поверхностях, обладающих свойствами, отличными от вазелина, интенсивность оседания может быть иной. Она резко меняется на протяжении всей ночи. Видимо, на поверхностях, которые сильнее охлаждаются излучением, роса возникает раньше и оседает интенсивнее, чем на поверхностях,

лучше отражающих длинноволновую радиацию. На шероховатых металлических поверхностях росы оседает больше, чем на полированных деревянных. Этот вопрос требует дополнительного исследования.

Л. З. Прох  
Киев

УДК 661.574.41

# ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ВУЛКАНЫ СТАНОВОГО НАГОРЬЯ

Новый вулканический район в глубине Азиатского материка \* Землетрясение смещает горы и долины \* Катастрофы прошлого

Если посмотреть на физическую карту СССР, то к северу от  $56^{\circ}$  с. ш., между  $113$  и  $122^{\circ}$  в. д., вы увидите горную страну, о которой еще недавно мы знали очень мало (рис. 1). Внимательный наблюдатель уже при полете над ней прочтет летопись ее необычной геологической истории: массивные, мрачные, залитые базальтами плоско-

горья прорезаны глубокими угрюмыми ущельями (рис. 2), которые чередуются с высокими хребтами (рис. 3), покрытыми снегом и ледниками. Между хребтами лежат впадины с грядами морен, россыпью озер и бесконечными болотами. В этот тусклый ландшафт глубинных районов области вечной мерзлоты внезапно врывается сияющий

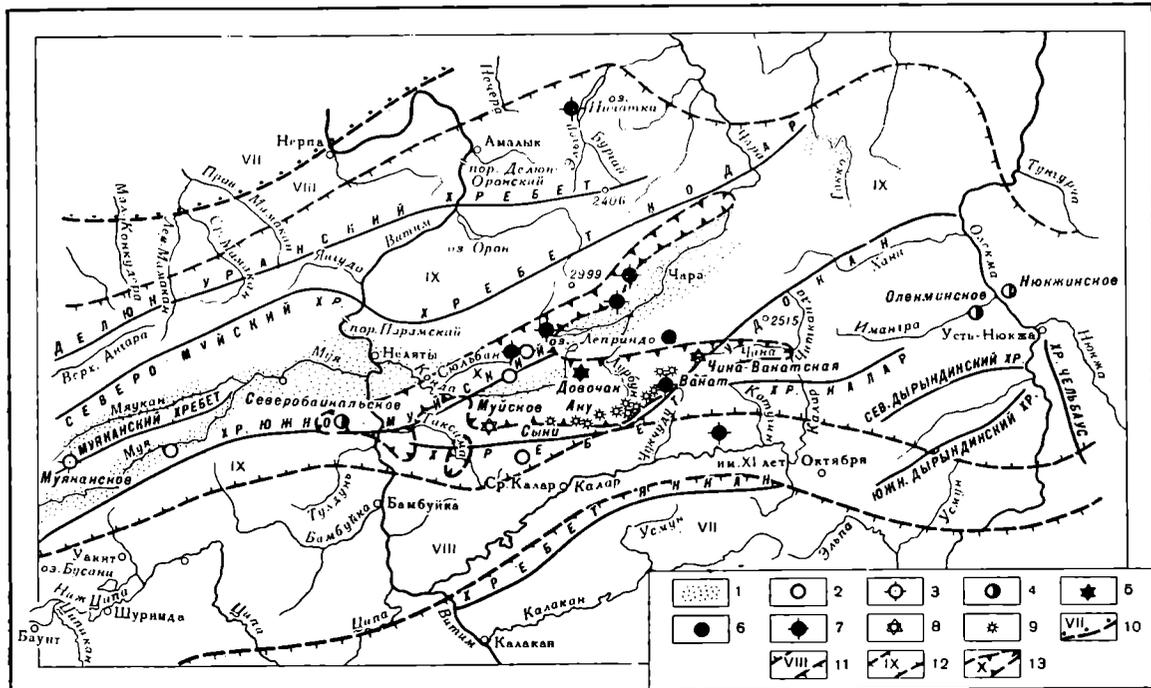


Рис. 1. Схема землетрясений и вулканов Станового нагорья: 1 — межгорные впадины; 2—5 — эпицентры землетрясений силой 7, 8, 9 и 10 баллов; 6—8 — плетосейстовые области землетрясений прошлого с предполагаемой силой 9, 10 и 11—12 баллов; 9 — молодые потухшие вулканы; 10—13 — районы с возможной силой землетрясений 7, 8, 9 и 10 и более 10 баллов

солнцем уголок пустыни с сыпучими песками, высокими волнами барханов.

Склоны гор местами рассечены мощными трещинами — следами сравнительно недавних катастрофических землетрясений. Да и сейчас почти ежедневно горы потрясаются подземными ударами, а в недалеком прошлом здесь действовали вулканы, извержения которых, наверное, видели предки аборигенов — якутов и эвенков.

### НЕМНОГО ИСТОРИИ

Впервые этот удивительный край посетил в 1857 г. участник Сибирской экспедиции Русского географического общества поручик Усольцев. В 1883 г. Жозеф Мартэн<sup>1</sup> во время своего путешествия с Лены на Амур пересек хребет Кодар, Чарскую впадину и хребет Удокан.

Первыми достоверными геологическими и геоморфологическими сведениями о Витимо-Олекминской горной стране мы обязаны Е. С. Бобину и особенно Е. В. Павловскому. За один полевой сезон со своими помощниками П. Э. Григорьевым и А. И. Цветковым без карт и дорог он пересек бассейн р. Олекмы, Олекмо-Витимский водораздел, бассейн р. Калар, хребты Удокан, Кодар и по р. Чаре спустился до Олекминска. Каждый, кто знает этот полуторатысячекилометровый путь через болота, каменные «моря», опасные ущелья, бурные потоки, легко себе представит, каких сил и мужества потребовало это путешествие.

Детальные исследования восточной части Станового нагорья стали возможны лишь в последние годы, когда центр ее — пос. Чара был связан с г. Читой постоянной воздушной трассой, а на службу геологии пришли вертолеты. Экспедиция, партии и отряды Геологического комитета, Академии

<sup>1</sup> Имя Ж. Мартэна в связи с этим путешествием в последнее время широко популяризуется, однако для познания края он почти ничего не сделал; им опубликовано лишь краткое сообщение о путешествии. Свои коллекции Ж. Мартэн отправил на родину, во французский город Трокадеро.



Рис. 2. Высокогорье хребта Удокан. Базальтовое плато, прорезанное ущельями

Фото С. Хилько

наук, Гидрометслужбы за несколько лет всесторонне изучили природу Витимо-Олекминской горной страны.

### ПЕРВЫЙ ПРОГНОЗ

На картах сейсмического районирования Советского Союза Становое нагорье раньше полностью включалось в асейсмичную зону. Однако в 1957 г. накопились сведения по его новейшей тектонике. Их анализ позволил предположить, что от северного окончания Байкала высокоактивные сейсмические трассы резко поворачивают к востоку и в широтном направлении следуют к юго-западной окраине Алданского щита. Тогда и был намечен непрерывный Монголо-Байкало-Охотский сейсмический пояс. Природа быстро подтвердила новую схему сейсмичности Сибири: за 1957—1963 гг. здесь было зарегистрировано 11 сильных (до 10 баллов) и около 1500 землетрясений, интенсивностью менее 6 баллов. В это же время сейсмогеологи выявили несколько десятков эпицентров ранних катастрофических землетрясений.

### САМОЕ МОЩНОЕ В СИБИРИ

27 июня 1957 г. произошло землетрясение, самое мощное из известных в Сибири за последнее время. Оно ощущалось на площади свыше 1 млн. км<sup>2</sup>. Сила землетрясения в эпицентре достигала, а возможно, даже

превосходила 10 баллов. В 500 км от эпицентра она достигала 6—7 баллов, а в 150 км — 8 баллов. На расстоянии 220—230 км от эпицентра произошли массовые горные обвалы. Местами с верхних частей склонов ущелий землетрясение буквально стряхнуло почти весь плащ каменных россыпей.

Предварительное обследование землетрясения было проведено в июле 1957 г. На Витиме из-за паводка навигация была закрыта, но все же нашей маленькой экспедиции удалось пройти вверх по реке через грозные витимские пороги от г. Бодайбо до осевой части Южно-Муйского хребта.

Мы приблизились к эпицентру, но преодолеть по земле последние 50 км в то время не представилось возможным. Эпицентр землетрясения был обнаружен с самолета на северном склоне хребта Удокан в небольшой межгорной Намаракитской впадине. Склоны ее сложены древними гнейсами и кристаллическими сланцами, прорванными

гранитами, а сама впадина заполнена четвертичными многолетнемерзлыми отложениями ледников, рек и временных водотоков. Сама впадина образовалась вследствие опускания горного блока, ограниченного сбросами (рис. 4).

При Муйском землетрясении хребет Удокан поднялся в среднем на 1—1,5 м и сдвинулся к северо-востоку на 1—1,2 м, в то же время он надвинулся на впадину (к северо-западу). Впадина опустилась на 5—6 м и сдвинулась к юго-западу. Строение зоны разломов, видимых на поверхности, очень сложное и не укладывается в рамки теоретических и экспериментальных схем. Проследившая систему разломов, можно видеть, как на расстоянии нескольких десятков метров мощная трещина растяжения шириной до 20 м переходит в сомкнутую трещину сжатия.

Особенно сложным оказался участок сейсмических дислокаций в месте сближения и схождения взбросо-сдвигов на склоне хреб-



Рис. 3. Хребет Кодар двухкилометровой стеной вздымается над Чарской впадиной. На склоне видны остатки юрской впадины, разорванной взбросами

Фото С. Хилько



Вулкан Сынн. Общий вид вдоль трещинного кратера с западного хребта (*вверху*) и с южной бровки амфитеатра (*внизу*)



Почти идеальный конус одного из вулканов, расположенных близ Чене (*сверху*). В 8 км от вулкана.  
Снизу находится сложный вулкан с кратером взрыва (*снизу*).

та Удокан и сбросо-сдвигов краевой части дна впадины, где прежде всего бросаются в глаза мощные, глубокие замкнутые провалы. Они ориентированы вкrest общего простираия дислокаций, и происхождение их казалось загадочным. Только после детального изучения всего участка выяснилось, что здесь горный массив смещался к востоку, а впадина — к западу. В результате в углу схождения их создавались колоссальные растягивающие напряжения, разорвавшие граниты. В них образовались трещины шириной до 5—6 м, поглотившие целые участки крупноглыбовой россыпи.

Сбросо-сдвиг от края впадины иногда отклоняется и поднимается высоко на склон хребта Удокан. В момент своего образования он разорвал и сбросил русла ручьев.

На западе Намаракитская впадина пересечена горной перемычкой. При смещении впадины к западу перемычка сыграла роль упора и около нее образовался поперечный к общему простираию сейсмических дислокаций вал, увенчанный асимметричной складкой (рис. 5)<sup>1</sup>. Выше складки (по течению р. Намаракит) расположена зона максимального опускания впадины. После землетрясения здесь возникло новое озеро (рис. 6). За горной перемычкой образовался грабен, ограниченный трещинами до 10 м ширины.

Муйское землетрясение по глубине и механизму очага, связи с новейшей тектоникой, неравномерному распределению силы землетрясения по площади — типично для Байкальского сейсмического пояса.

#### НА БЕРЕГАХ ОЛЕКМЫ

После Муйского землетрясения ряд специалистов был еще склонен считать это явление случайным, во всяком случае недостаточным для выделения на картах девятибального сейсмического района. Однако

<sup>1</sup> На крыле этой складки оказалось озеро глубиной 2,2 м, и оно было осушено.

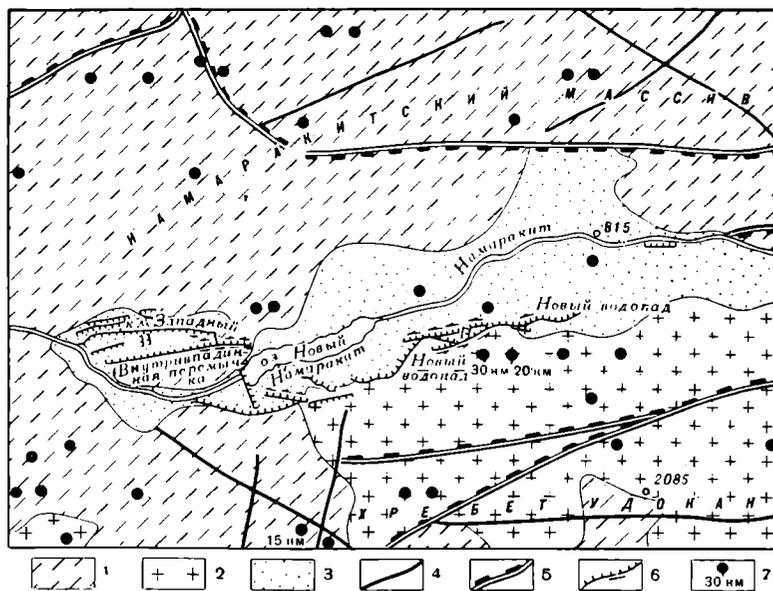


Рис. 4. Схематический план эпицентральной зоны Муйского землетрясения: 1 — гнейсы; 2 — граниты; 3 — четвертичные отложения (вечномерзлые); 4 — древние разломы; 5 — разломы, обновленные в кайнозое; 6 — зона разломов и других сейсмических дислокаций, образовавшаяся 27 июня 1957 г. (штрихи на линиях разломов — в сторону опущенного крыла, стрелками показано направление сдвига); 7 — эпицентры землетрясений и глубина очагов

восточнее эпицентра Муйского землетрясения, около р. Олекмы, в 1958 г. произошло два новых девятибальных землетрясения: 5 января — Нюкжинское и 14 сентября — Олекминское. При Олекминском землетрясении сила подземных ударов достигала 6 баллов на расстоянии до 420 км от эпицентра. Район эпицентров землетрясений пустынен, чрезвычайно труднодоступен, и обследовать его удалось лишь в 1963 г.

Эпицентры обоих землетрясений тяготеют к зоне Станового глубинного разлома. Образование его началось свыше миллиарда лет тому назад, но движения по разлому продолжают поныне. Эпицентры их лежат на одном субширотном разломе, пересекающем Олекму почти под прямым углом. Эпицентр Нюкжинского землетрясения находился в 2—3 км от устья правого притока р. Чеборкас, а Олекминского — в 16 км от устья левого притока Олекмы — р. Имангро.

Олекминское землетрясение связано с подвижками не главного Станового разлома, а оперяющего его сброса. В эпицентрах при землетрясении образовались сбросы длиной 1—1,5 км с амплитудой вертикального смещения до 1,2 м.

Вблизи трещин в плейстосейстовых областях видны обвалы, «растрясенные» каменные россыпи, сдвинутые крупные глыбы. Особенно отчетливо они выражены по системам старых разломов; местами в них произошло даже раскрытие трещин. Это еще раз подтверждает особую опасность даже неактивных зон разломов для строительства сооружений.

Повторные толчки Олекминского землетрясения сначала были сосредоточены около основного эпицентра, а затем стали смещаться к юго-западу. В 1963 г. здесь произошли многочисленные землетрясения, показывающие «вспарывание» сброса в этом направлении более чем на 60 км от основного Станового разлома.

#### ЗАБЫТОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

Особенно много хлопот доставили поиски эпицентра землетрясения 29 апреля 1917 г.

О нем вспомнили лишь недавно, когда началось быстрое освоение забайкальского севера. Оказалось, что еще в 1917 г. координаты эпицентра ( $56^{\circ}$  с. ш.,  $115^{\circ}$  в. д.) были определены Британским сейсмологическим комитетом<sup>1</sup>.

Изучение документации Северобайкальского землетрясения показало, что сила его могла достигать предела, при котором в Байкальском сейсмическом поясе на поверхности Земли появляются остаточные деформации грунтов: трещины разломов, оседание склонов гор, обвалы. В 1963 г. была предпринята попытка найти эпицентральную зону. Наблюдения с воздуха при полетах над скалистыми склонами и пиками Южно-Муйского хребта сузили круг поис-

<sup>1</sup> Возможная ошибка в определении эпицентра по расчетам К. В. Пшеникова и С. Л. Соловьева до  $1^{\circ}$ .



Рис. 5. Наклонная антиклиналь, образовавшаяся при Муйском землетрясении. Пунктиром показана бывшая береговая линия озера

Фото автора

ков. Но многие сотни километров прошли поисковые группы по опасным каменным россыпям и болотам, скалам и наледям, плыли по Витиму, преодолевая бесконечные опасные перекааты, прежде чем удалось найти наиболее вероятное место эпицентра Северобайкальского землетрясения. Наконец на северном склоне Южно-Муйского хребта, в 18—20 км западнее р. Витима, была найдена зона трещин общей протяженностью около 4 км. Свежесть трещин дает возможность почти с полной уверенностью связать образование их с землетрясением 1917 г., тем более, что сейсмодислокации находятся совсем недалеко (0,2°) от эпицентра землетрясения, определенного С. Л. Соловьевым. При землетрясении произошла подвижка не по главному разлому, разграничивающему Муйскую впадину и Южно-Муйский хребет, а по оперяющему сбросу, отходящему под острым углом к юго-востоку.

#### СЛЕДЫ МИНУВШИХ КАТАСТРОФ

При оценке сейсмической опасности той или иной территории до настоящего времени главное внимание обращают на сейсмостатистический материал. Для городов высшая возможная балльность землетрясений устанавливается по наивысшей силе зарегистрированных на протяжении истории города сейсмических ударов. Для Сибири этот метод приемлем частично или совершенно неприемлем, так как на громадных территориях до последнего времени не было постоянных населенных пунктов. Поэтому возникла необходимость в новом методе определения места, силы и приблизительного времени проявления сильных землетрясений. Такой «палеосейсмогеологический» метод разрабатывается в Институте земной коры Сибирского отделения АН СССР. Наиболее важная составная часть его — прямые геологические признаки эпицентральных и плейстоценовых областей сильных землетрясений. Это, прежде всего, остаточные деформации земной коры и грунтов (разнообразные трещины, провалы, надвиги, обвалы и оползни, срывы или поворот вершин гор и т. п.).

Обследование ряда сильных и катастрофических землетрясений в Сибири и Монголии, в том числе сильнейшего Гоби-Алтайского (11—12 баллов)<sup>1</sup>, позволило выявить

<sup>1</sup> См. «Природа», 1958, № 7 и 1960, № 2; «Гоби-Алтайское землетрясение», Изд. АН СССР, 1963.

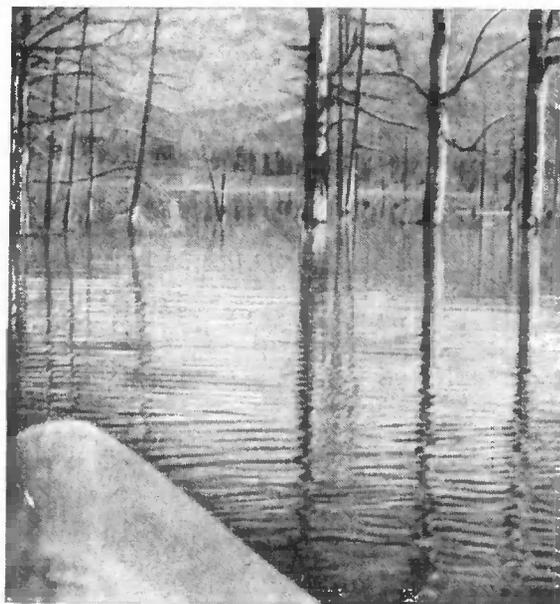


Рис. 6. Озеро Новый Намаракит — следствие опускания впадины при Муйском землетрясении. Длина его более 3 км, ширина до 600 м

Фото автора

масштабы и типы остаточных деформаций, характерные для землетрясений в 9, 10 и 11—12 баллов<sup>1</sup>. Это дало возможность организовать в Восточной Сибири, в том числе и в Становом нагорье в 1961—1963 гг., поиски следов разрушительных и катастрофических землетрясений прошлого.

Оказывается, ни Северобайкальское, ни Нюкжинское и Олекминское, ни даже Муйское землетрясения не являются особенно выдающимися событиями в сейсмической жизни Станового нагорья. Между Витимом и Олекмой было выявлено несколько десятков эпицентральных зон катастрофических землетрясений, которые происходили здесь на протяжении последних тысячелетий.

Крупнейшие сейсмические структуры — Чина-Вакатская и Довочанская, — находятся в Удоканском хребте. Первая представлена сбросом с амплитудой вертикального смещения до 15 м. В месте предполагаемого начального эпицентра землетрясения произошло опускание мощной ледниковой долины р. Чины. Верховье последней было перехвачено трещиной и соединено с р. Нижний Ингамакит. От главного сброса ответвились

<sup>1</sup> См. «Известия АН СССР, сер. геологич.», 1962, № 11.

опережающие трещины с амплитудой смещения 7—8 м, местами до 15 м. Сброс (рис. 7) разорвал две горы; части их опустились на 60—70 м и сдвинулись к востоку на 30—40 м. Чина-Вакатская структура активна и в настоящее время.

Трасса Чина-Вакатского разлома частично совпадает с древней зоной разлома, но западная половина структуры возникла в послеледниковое время. Последнее ее оживление и, по-видимому, наращивание в западном направлении, произошло недавно. Связь землетрясения 2 февраля 1725 г.<sup>1</sup> с Чина-Вакатской сейсмоактивной зоной нам представляется наиболее вероятной.

Довочанская структура состоит из системы сбросов, сбросо-сдвигов, сдвигов, тектонических рвов (приразломных и более крупных междуразломных грабенов), занимающих в плане треугольную площадь длиной 42 км и шириной от 0,5 до 16 км. Формирование их началось еще до оледенения, но активно продолжается и в настоящее время: за последние три года на Довочанской структуре зарегистрировано около 70 зем-

<sup>1</sup> Это землетрясение ощущалось на громадной площади, примерно вдвое большей, чем при Муйском землетрясении. Интенсивность его в эпицентре не могла быть ниже 11 баллов.



Рис. 7. Чина-Вакатская сейсмогенная структура. Предполагаемая эпицентральная зона одиннадцатибалльного землетрясения 2 февраля 1725 г.

летрясений с глубиной очагов преимущественно около 20 км.

Ширина трещин растяжения в гранитах достигает 20 м, а амплитуда сбросов, связанных с одним землетрясением, — до 6—7 м, но по некоторым сбросам смещения происходили многократно. Постоянные подвижки по разломам обуславливают неуравновешенность склонов гор и на них постоянно происходят обвалы: при двукратном посещении одного из наиболее активных участков нам пришлось быть свидетелем трех горных обвалов, один из которых (29 июля 1961 г.) мы наблюдали с вертолета — обвал произошел сразу по двухкилометровому фронту, без какого-либо очевидного повода.

Таким образом, трехлетние исследования экспедиции подтвердили чрезвычайно высокую сейсмичность Витимо-Олекминской горной страны. Это самая активная зона в областях докембрийской складчатости и одна из наиболее активных внутриконтинентальных сейсмических областей Земли.

#### ВУЛКАНИЗМ

На картах новейшей тектоники и вулканизма Восточной Сибири до настоящего времени указываются два поля молодых потухших вулканов: Саяно-Чикойское и Витимское.

О вулканах первой группы впервые сообщали в середине прошлого столетия Н. Миглицкий и П. А. Кропоткин, о второй — в самом начале текущего столетия — А. П. Герасимов. Кажется маловероятным, чтобы в наше время в Восточной Сибири оставалась неизвестной целая группа вулканов, как теперь выяснилось, прекрасно сохранившихся, различных морфологических типов и притом наиболее крупных:

Во время первого обследования сейсмогенной структуры Довочан наш проводник А. Я. Григорьев рассказал, что на одной из гор между реками Эймнах и Калар в осевой части хребта Удокан находится Чепе («Прова-

Фото автора

лице»). 29 июля 1961 г. после долгого полета над разрушающимися на глазах, растерзанными землетрясениями горами Довочанской структуры, мы наконец увидели массивный конус вулкана с кратером на вершине.

Поиски вулканов продолжались в следующие годы. И вот в Становом нагорье на хребте Удокан выявлен новый и самый значительный в Сибири вулканический район, в котором на протяжении 60 км сконцентрировано около пятнадцати молодых вулканов. Наряду со шлаковыми конусами (рис. 8), единственным ранее известным в Сибири видом вулканов центрального типа, здесь были обнаружены также трещинный шлаковый вулкан, вулкан сомматического типа и кратеры взрыва на полигенных вулканах.

Шлаковые вулканы (Вакатские, Верхнеингамакитские, Эймнах-Лурбунские) не имеют существенных отличительных черт от ранее известных вулканов Саяно-Чикойской и Витимской групп. Различие заключается лишь в том, что на юге Сибири четвертичные вулканы возникали во впадинах, глубоких долинах, т. е. в наименее возвышенных точках земной поверхности. В Становом нагорье все известные вулканы находятся на вершинах или на склонах высоких гор, а шлаковые конусы — на нагорных плато, залитых базальтами.

#### В УЩЕЛЬЕ СЫНИ

В обширном (4,5 × 2 км) сложном амфитеатре<sup>1</sup> на левом склоне ущелья р. Сыни находится оригинальный и редкий по красоте (см. вклейку) вулкан.

Трещинный кратер вулкана Сыни протягивается вдоль склона, образуя хорду восточного цирка амфитеатра на высоте 450 м над дном долины реки (абс. выс. 1700 м). Длина главной гряды шлаков около 800 м, но трещина, из которой выбрасывались магматические продукты, продолжается дальше через боковые гребни цирка. Ширина

<sup>1</sup> Возможно, что амфитеатр представляет собой три сближенных ледниковых цирка.

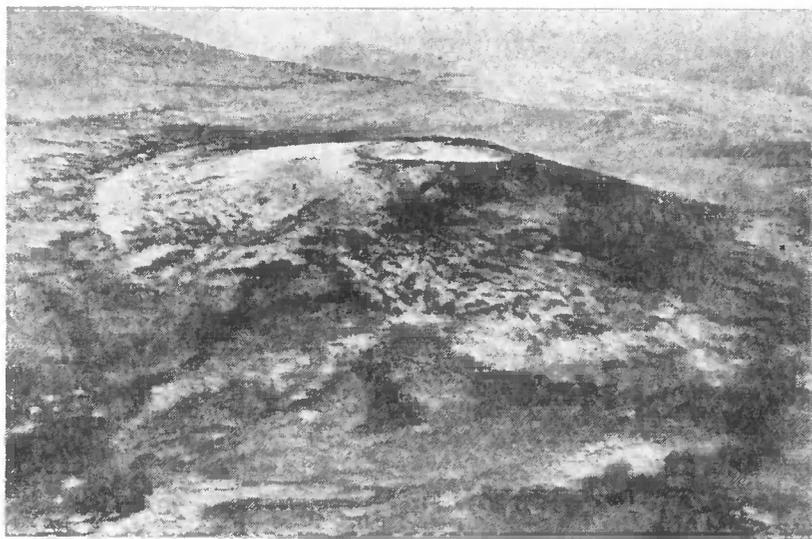


Рис. 8. Вакатский шлаковый вулкан

Фото автора

гряды шлаков от 70 до 200 м. Гранитное ребро цирка рассечено глубокой трещиной, за которой лежит хорошо сохранившийся кратер Сынок (см. вклейку). Из этого побочного кратера изливалась базальтовая лава.

В красных шлаках и шлаковых лавах рассеяны вулканические бомбы и каравая лава (диаметр до 40—50 см).

Около вулкана в долине Сыни есть несколько минеральных источников.

#### ВУЛКАНЫ АКУ И ЧЕПЕ

В 8 км юго-восточнее вулкана Сыни между верховьями рек Аку и Сыни находится двойной вулкан (см. вклейку), который формировался в несколько стадий. Первоначально образовался общий кратер, из которого изливались потоки базальтов в долину Сыни. Затем, по-видимому, произошел взрыв. В кальдере сформировался сомматический базальтовый конус с крутыми склонами и плавно-куполовидной вершиной<sup>1</sup>. Позже рядом с сомматическим конусом в результате сильного взрыва образовался новый кратер. Из трещин его изливались черные базальтовые туфо-лавы и выбрасывались красные шлаки и вулканические бомбы.

<sup>1</sup> Диаметр основания конуса около 800 м, высота 140 м (абсолютная — 1968 м). Он сложен зеленовато-серыми базальтами и туфо-базальтами с редкими вулканическими бомбами, обломками лилово-черных пузыристых базальтов и гранитов, слагающих окрестности вулканов.

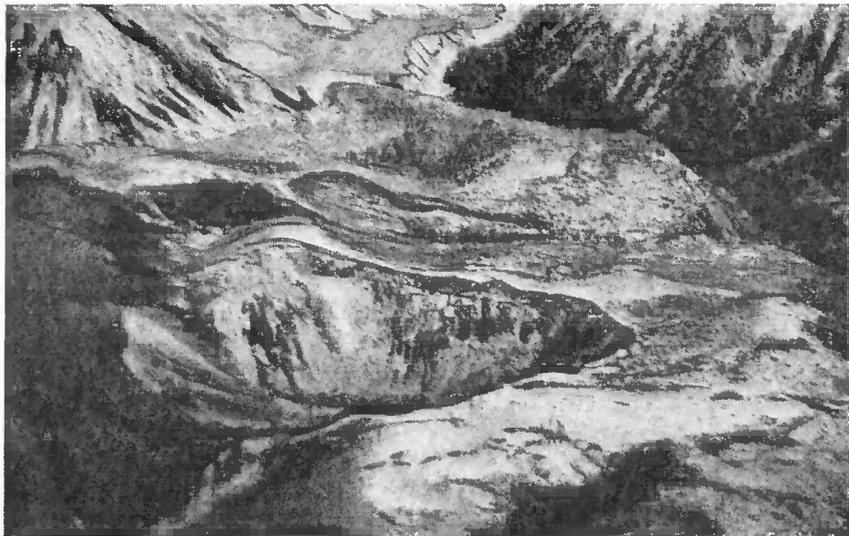


Рис. 9. Кратер вулкана Чепе. Видны краевые трещины, а на дне — конус некка. Глубина кратера 120 м, сечение 500 и 700 м

Фото автора

Наиболее эффектный вулкан Сибири — Чепе — находится в 7 км к северо-востоку от вулкана Аку. Образовался он в небольшой (2,5×5 км) межгорной впадине, окруженной горами. Во время оледенения впадина, по-видимому, играла роль ледоёма и дно ее было покрыто ледниковыми отложениями.

Вулкан взорвал два месторождения: гидротермальное полиметаллическое и молибденовое грейзенового типа. Обломки руд этих месторождений включены в пирокластические продукты вулкана. Формирование вулкана происходило в несколько фаз. Первоначально изливалась относительно подвижная базальтовая лава, которая покрыла впадину и образовала пьедестал будущего конуса вулкана. Излиянию лавы предшествовал взрыв. При этом были взорваны граниты и кроющиеся их ледниковые отложения. Во вторую фазу изливались более вязкие лавы, образовавшие массивный плосковершинный конус. Извержение сопровождалось взрывами, поэтому в пирокластических образованиях, кроме вулканических бомб и рваных лав, часто встречаются глыбы и ледниковые валуны гранитов. Вулканическая деятельность завершилась двумя взрывами, воронки слились и образовали общий кратер (рис. 9).

Вулкан образовался геологически совсем недавно, о чем свидетельствует не только морфологическая свежесть кратера, но и

то, что в кратерах вулкана еще не образовалась вечная мерзлота, хотя на других горах Удоканского хребта мощность ее достигает 700 м. Вокруг вулкана установлено несколько минеральных источников. Наиболее интересны из них Мариинский — типа нарзана, и углекисло-железистый — Золотой каскад. Каскад последнего источника покрыт мощным слоем золотисто-желтой охры, яркие отсветы ее рассеивают полумрак узкого и мрачного ущелья.

Рядом с вулканом Чепе возвышается почти идеальный четырехсотметровый вулканический конус, на вершине которого базальтовое полукольцо охватывает поле шлако-туфов с глыбами и валунами гранитов. Точно такие же образования характерны и для пирокластических продуктов вулкана Чепе.

\* \* \*

Трудное путешествие по вулканам Станового нагорья было предпринято с целью установления связи молодых вулканов с геологическими структурами, порождающими современные землетрясения. Мы надеялись, что вулканы помогут очертить зоны возможных катастрофических землетрясений. Однако предположение наше не подтвердилось. Никаких достоверных признаков связи катастрофических землетрясений с вулканическими линиями не найдено. Наоборот, вулканы и эпицентры сейсмических катастроф избегают друг друга, хотя часто и находятся вблизи. Более того, общее направление вулканической зоны — северо-восточное — не совпадает с трассами современных сейсмически активных разломов, ориентированных в широтном направлении. На пересечении их могут оказаться вулканы, но связь эта внешняя, а не внутренняя генетическая.

Профессор В. П. Солоненко

Институт земной коры Сибирского отделения  
АН СССР (Иркутск)  
УДК 550.34—551.21

## ОБЩАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ

*С большим интересом я прочитал в журнале «Природа» (1963, № 2) статью старшего научного сотрудника Центрального института прогнозов Р. Ф. Усманова, в которой он изложил свою гипотезу циркуляции атмосферы, связанную с вращением Земли. Идея автора оригинальна и любопытна, но у некоторых метеорологов она вызвала, как мне представляется, справедливые возражения. Я излагаю здесь новую теорию общей циркуляции атмосферы, построенную на основании выведенной мною закономерности вращения частиц (слоев) небесного тела вокруг его оси симметрии.*

Слоистая структура небесного тела обусловливается притяжением частиц к центру небесного тела, вследствие чего они стремятся вращаться плавно<sup>1</sup>, и вязкостью ма-

<sup>1</sup> Теоретическим путем я вывел следующий закон вращения частиц (слоев) небесного тела вокруг его оси симметрии:

$$t = 2\pi c \sqrt{\frac{cb \cos \varphi}{fM(c-b)}}, \quad (1)$$

где  $t$  — период вращения частицы (точки);  $c$  — расстояние частицы до гравитационного центра небесного тела;  $c = \frac{ab}{\sqrt{a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi}}$ ;  $a$  и  $b$  — полуоси притягивающего сфероида, на поверхности которого находится частица;  $M$  — масса притягивающего сфероида;  $\varphi$  — широта частицы;  $f$  — гравитационная постоянная.

Этот же закон можно представить и так:

$$v = \sqrt{\frac{fM(c-b) \cos \varphi}{cb}},$$

где  $v$  — линейная скорость частицы. При  $\varphi = 0^\circ$  эта формула принимает следующий вид:

$$v = \sqrt{\frac{fM(a-b)}{ab}}.$$

При  $\varphi = 0^\circ$  и при  $\frac{a-b}{a} = \frac{1}{2}$  формула (1) принимает следующий вид:

$$t = 2\pi a \sqrt{\frac{a}{fM}},$$

т. е. третий закон Кеплера в его приближенном виде!

Действие этих факторов приводит к тому, что изменение угловой и линейной скоростей слоев совершается скачками. Такое явление четко наблюдается в атмосферах Юпитера и Сатурна. Они вращаются «по зонам», т. е. каждая зона вращается со своей собственной скоростью.

Выведенный закон показывает, что скорость вращения слоев увеличивается от полюсов к экватору. Действительно, это явление наблюдается на поверхности фотосферы Солнца и называется «экваториальным ускорением Солнца».

Кроме того, согласно приведенным формулам, скорость вращения зависит и от сжатия слоев. Действительно, в атмосфере Солнца скорость вращения возрастает с высотой над поверхностью фотосферы, так как сжатие атмосферных слоев также возрастает с высотой.

Такие явления наблюдаются и в атмосфере Земли. Нам уже известно, что движение воздуха в нижней атмосфере происходит очень сложным образом. Это объясняется влиянием многих факторов: рельефа местности, неодинакового нагревания воздуха над земной поверхностью в экваториальных и полярных областях, над сушей и морем, силами Кориолиса и пр. Однако в верхних слоях атмосферы воздух движется (вращается) вокруг Земли, с запада на восток по формуле 1.

Атмосферные слои Земли испытывают различное сжатие. Так, например, верхняя

граница тропосферы лежит над экватором на высоте около 16 км, а над полюсами — на высоте около 9 км. Это означает, что сжатие тропосферного слоя больше, чем земной коры. У стратосферного слоя оно должно быть меньше, чем у тропосферного, так как температура стратосферы над полюсами выше (около  $-45^\circ$ ), чем над экватором (около  $-85^\circ$ ). Сжатие ионосферного и более высоких слоев снова увеличивается. Самые верхние слои атмосферы очень сильно сжаты.

Частицы слоя земной коры, благодаря большой ее вязкости, вращаются с одинаковой угловой скоростью, от экватора к полюсам. Вот почему, с точки зрения земного наблюдателя, в экваториальных областях ветер в верхних слоях атмосферы дует с запада на восток, а в полярных — с востока на запад. В этом же направлении, естественно, движутся и серебристые облака. В действительности воздух в верхних слоях полярных областей движется также с запада на восток, но с меньшей угловой и линейной скоростью по сравнению со скоростью движения наблюдателя на этой широте.

В стратосфере и над экватором можно наблюдать «восточные ветры», так как сжатие стратосферного слоя меньше сжатия земной коры и скорость ветра на этой высоте меньше линейной скорости земной поверхности на экваторе (465 м/сек).

Воздух в верхних слоях атмосферы течет с запада на восток «по зонам», как в атмосферах Юпитера и Сатурна. Значит, расслоение воздуха происходит не только в высотном, но и в широтном направлении. Это служит причиной формирования так называемых струйных течений, напоминающих по форме сплюснутые трубы гигантских размеров. Они, как известно, опоясывают весь земной шар, и воздух в них движется с большей скоростью, в основном с запада на восток.

По нашей формуле количественные расчеты скорости и направления ветров в верхней атмосфере достаточно хорошо согласуются с наблюдением. Для точного их вычисления в верхней атмосфере необходимо более определенно установить, каково сжатие верхних слоев. Необходимо учитывать действие второстепенных факторов, таких, как вязкость атмосферных слоев, асимметрия и разность плотности слоев на освещенной и неосвещенной сторонах Земли, вызванная давлением солнечного света, а также наклон земной оси к плоскости эклиптики и др. Кроме того, нужно принять во внимание периодические изменения сжатия атмосферных слоев Земли, связанные с деятельностью Солнца и приливным действием Луны и Солнца.

Считаю, что предлагаемая теория общей циркуляции верхней атмосферы будет полезной для более точного математического прогноза погоды. Она поможет решить ряд стоящих перед геофизикой проблем, таких, как система токов в верхней атмосфере и внутри Земли, ионизация ионосферы днем и ночью, земной магнетизм, полярные сияния и др.

Атмосфера на высоте около 80—350 км представляет собой как бы огромную динамомашину. Источником энергии атмосферного динамо служит мощное и непрерывное трение слоев при их ламинарном и турбулентном течении (вращении) вокруг Земли, согласно предложенному закону, с различными угловыми и линейными скоростями.

*Т и х о м и р Р. Т и л ч е в*  
*Астроном-любитель*  
*г. Стара Загора, Болгария*

*От редакции.* Многие положения автора нельзя считать бесспорными. Тем не менее редакция сочла возможным опубликовать эту заметку, имея в виду важность и дискуссионность темы.

## ★ НОВОСТИ — СОБЫТИЯ — ФАКТЫ ★

### ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРА В МЕТЕОРОЛОГИИ

На собрании Метеорологического общества США Дж. Лигда сделал обзор возможных применений лазера в метеорологии. Тонкий направленный пучок света от лазера даст возможность изучать рассеяние света как на мел-

ких частицах пыли и тумана, так и на турбулентных неоднородностях в верхней атмосфере. Докладчик особенно подчеркнул важность исследования естественного состояния верхней атмосферы раньше, чем выхлопные газы ра-

кетных двигателей вызовут существенное ее загрязнение. Впрочем, замечает он, быть может, сейчас уже поздно говорить об изучении первоначального естественного состояния верхней атмосферы.

«Science News Letters», v. 85, 1964,  
№ 7, p. 100 (США)

## СОЛНЦЕ И ЖИЗНЬ

18—19 мая 1964 г. в Институте терапии Академии медицинских наук СССР состоялось Совещание, посвященное организации медико-биологических наблюдений в период Международного года спокойного Солнца (1964—1965). На Совещании рассматривались планетарные вариации метеорологических и других геофизических полей и их проявления в биосфере (Р. Ф. Усманов), влияние ритмической и циклической активности Солнца на органическую жизнь Земли (проф. Н. С. Щербиновский), биологическое действие электромагнитных полей искусственного и естественного происхождения (А. С. Пресман), влияние гелио-геофизических факторов на сердечно-сосудистую систему в период МГГС (проф. Г. М. Данишевский).

Как отметил в своем докладе кандидат географических наук Р. Ф. Усманов, особенности планетарной циркуляции атмосферы, а следовательно и мировой погоды, могут быть удовлетворительно объяснены лишь с учетом влияния вращения Земли на распределение воздушных масс. В развитии процессов в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере наблюдается определенная аналогия, что не может быть объяснено случайностью и, по-видимому, определяется закономерными воздействиями вращения Земли на все эти сферы.

Поскольку, как теперь установлено, скорость вращения Земли непостоянна, следует ожидать появления совпадающих с отклонениями от средней скорости глубоких изменений в нормальном течении особо подвижных атмосферных явлений и тесно связанных с ними ритмов жизни. В свою очередь, не исключено, что изменения скорости вращения Земли связаны с изменениями солнечной активности. При знаменитой солнечной вспышке 23 февраля 1956 г. продолжительность суток изменилась на 10 мсек. Именно в этот период наблюдались и значительные изменения в индексах зональной циркуляции атмосферы. Исключительные аномалии погоды на всем земном шаре наблюдались и в январе 1963 г., когда также было зарегистрировано резкое изменение скорости вращения Земли.

Влияние Солнца на земные процессы сказывается не только в суточном и годовом цикле, но и во всех периодах солнечной активности. На метеорологические факторы и непосредственно на живые организмы воздействует не только инсоляция, но и космические лучи и корпускулярное излучение Солнца, проникающее, как теперь доказано, при некоторых условиях до самой поверхности Земли. Поэтому следует ожидать очень тесной и многообразной связи между деятельностью Солнца и медико-биологическими явлениями. Исследование механизма этих связей имеет прямое прикладное значение для медицины, биологии и сельского хозяйства. Начавшийся Международный год спокойного Солнца, надо надеяться, даст возможность установить новые факты параллелизма астрофизических и медико-биологических явлений.

В докладах проф. Г. М. Данишевского и проф. Н. С. Щербиновского приводились примеры уже установленных таких параллелизмов. В частности, было отмечено, что рост морских водорослей, прирост коралловых сооружений, как и изменения температуры воды Мирового океана, имеют в среднем 11-летнюю цикличность. Размножение и миграция рыб, в том числе сельдей и трески, испытывают тоже 11-летние

## РАDIАЦИОННЫЙ «СЛЕД» ЗЕМЛИ

Известно, что при обтекании твердого тела потоком жидкости или газа за телом образуется так называемый турбулентный след— зона возмущения потока вследствие взаимодействия с обтекаемым телом. Американский физик Р. Андерсон обрабатывал данные, собранные спутником ИМП, движущимся по орбите, достигающей половины расстояния от Земли до Луны. Из этих данных был сделан вывод, что снаружи известных радиационных поясов существует зона повышенной радиации, простирающаяся в сторону от Солнца. Предполагается, что эта зона возникает подобно турбулентному следу при обтекании «солнечным ветром» (потоком газа, исходящим от Солнца) магнитного поля Земли. Андерсон считает, что частицы высокой энергии в радиационном слое не приходят с этой энергией от Солнца, но ускоряются в процессе взаимодействия с магнитным полем Земли.

«Science News Letters», v. 85, 1964,  
№ 12, p. 179 (США)

## ЕЩЕ РАЗ О ТУНГУССКОМ МЕТЕОРИТЕ

Проблемы, связанные с Тунгусским метеоритом, несмотря на многочисленные и неоднократные дискуссии и большое количество уже собранных материалов, продолжают привлекать внимание как ученых-исследователей, так и всех, кто интересуется наукой. О природе метеорита было высказано много самых разнообразных гипотез, причем подчас совершенно фантастических. Поэтому для читателей журнала представляю интерес некоторые недавно опубликованные<sup>1</sup> дополнительные данные, полученные экспедициями Комитета по метеоритам АН СССР.

В районе падения Тунгусского метеорита исследовалась почва с целью выделить из нее частицы космического происхождения. Путем специальной обработки из взятых проб извлекли магнетито-

<sup>1</sup> См. «Доклады Академии наук СССР», т. 156, 1964, стр. 47.

вые шарики диаметром от десятков до сотен микрон. Такого рода шарики впервые были подробно изучены для района падения Сихотэ-Алинского метеорита, упавшего в 1947 г., причем метеоритная природа происхождения этих шариков не вызывает сомнений. Морфологические особенности шариков свидетельствуют о том, что они образовались во время мощного взрывоподобного разрушения метеорного тела. Построены кривые распределения шариков в зависимости от их диаметра, полученные на основе более чем пятисот измерений. Оказалось, что для выделенных из почвы шариков справедлив степенной закон распределения с показателем равным 1,2, т. е. зависимость, характерная для всей метеорной материи. Эти факты, наряду с уже имеющимися, позволяют с определенностью утверждать, что Тунгусский метеорит представлял собой ядро небольшой кометы, претерпевшей взрывной распад при движении в атмосфере на высоте порядка 10 км. Найденный для магнетитовых шариков закон распределения — еще один факт, свидетельствующий об их космическом происхождении. Они образовались, очевидно, в результате переплавления (или испарения и конденсации) тугоплавких частиц (или веществ), входивших в ядро кометы, т. е. имеют общее происхождение с частицами, образующими метеорные потоки при диссипации комет.

Ю. Я. Яковлев  
Москва

## ТЕПЛОЙ БАРЬЕР И ТИТАН

В США прошли испытания сверхскоростного самолета А-11, в котором удалось преодолеть «тепловой барьер». До сих пор основные конструкционные материалы в самолетостроении — алюминий и его сплавы — не выдерживали высоких температур. Для этих материалов тепловым барьером была скорость, в 2,2 раза превышающая скорость звука, т. е. составляющая около 2600 км/час. В самолете А-11 применен во всех опасных местах значительно более тугоплавкий металл титан. Это позволило до-

циклы. В текущем столетии отмечено шесть вспышек размножения пшостоцерки (одного из видов саранчи), совпадающих с периодами повышенной солнечной активности, что дает основание ожидать в этом же столетии еще три такие вспышки. Интересно, что другой вредитель — хлопковая совка Алабамы — «избрала» для себя не 11-летний, а 22-летний солнечный цикл. Уже из приведенных примеров видно, какое значение могут иметь прогнозы биологических ритмов, основанные на установлении связей между деятельностью Солнца и биосферой.

Кандидат биологических наук А. С. Пресман проанализировал связь между воздействием Солнца на электромагнитные поля Земли и физиологическими и биологическими процессами. Докладчик указал, что различные проявления биологического действия электромагнитных полей можно рассматривать как «помехи» в осуществлении нормальной регуляции процессов жизнедеятельности. При этом электромагнитные волны низких частот, близких к ритмам биопотенциалов, по-видимому, оказывают на них синхронизирующее действие или изменяют их частоту за счет раздражения соответствующих возбужденных структур. Электромагнитные поля в высоких частотах могут индуцировать ионные токи только в межклеточной среде, а поля ультравысоких частот вызывают перемешивание по времени поляризацию белковых молекул как вне, так и внутри клеток. Наконец, сверхвысокие частоты вызывают такую же поляризацию молекул воды и полярных групп белковых молекул.

Поскольку за время солнечных циклов электромагнитные поля Земли изменяются в широком диапазоне частот и в масштабах, достаточных для оказания соответствующего воздействия на динамику биохимических процессов, возникает задача тщательного изучения влияния солнечных циклов на физиологическую и биохимическую деятельность живых организмов. В настоящее время быстро развивается новое направление в биологии — «электромагнитная биология».

С. В. Владимиров  
Москва

## МАТЕМАТИКА И ГЕОЛОГИЯ

Есть идеи, которые имеют свою эпоху. Одна из таких идей середины XX в. — применение математики во всех отраслях естествознания, куда она до этого еще не успела проникнуть (например, в медицину), а также ее внедрение в гуманитарные науки (например, в языкознание). По воспоминаниям П. Лафарга, К. Маркс говорил: «Наука только тогда достигает совершенства, когда ей удастся пользоваться математикой». Поэтому проникновение математики в естествознание и гуманитарные науки представляет собой вполне закономерный процесс. А. И. Берг по этому поводу замечает: «Наука движется от общих качественных оценок и описаний явлений к установлению точных математических количественных закономерностей»<sup>1</sup>. И действительно, количественные методы, основанные на числе, измерении, одни из важнейших методов естествознания. Еще на заре точного естествознания его основоположник Галилей говорил: «Измерять все, что измеримо;

<sup>1</sup> См. «Известия» от 6 октября 1961 г.

пытаться сделать измеримым то, что еще не является им». Известно, какой колоссальный скачок сделала механика в трудах Галилея и вслед за ним. Это послужило образцом для остальных точных наук. Великий русский ученый Д. И. Менделеев считал, что наука начинается там, где начинаются измерения.

Происходит проникновение математики и в геологию (яркий пример этому — введение абсолютной геохронологии). Но этот процесс происходит все же довольно медленно, и следует признать основательным мнение Д. Бернала<sup>1</sup> о низкой степени обобщения в науках о Земле (относительно качественно отличающихся от них «основных наук» — физики и химии). Науки о Земле «содержат больше описательных и исторических и меньше логических и математических элементов. Они являются скорее *эпифилими*, чем — *логиями*». В будущем, по Д. Берналу, «новые геологические и геофизические данные должны стать основой для полного *количественного* (курсив наш.— А. Р.) объяснения таких явлений, как горообразование, вулканы, землетрясения и ледниковые периоды». О всемерном внедрении математических методов в геологию говорится и в нашей печати<sup>2</sup>. Показателем возросшего интереса к применению математики в геологии был созыв специального совещания в октябре 1963 г. в Государственном геологическом комитете СССР. По аналогии с точными науками можно ожидать, что широкое органическое применение количественных методов в геологии создаст качественный скачок в ее развитии, и она по праву займет свое место в ряду «логий».

К необходимости введения количественных методов в геологию, и в частности в геотектонику (науку о строении и движении земной коры), приводят и другие соображения. Уже давно известно, что разнообразие типов тектонических районов земной коры нельзя свести лишь к двум типам: *геосинклиналям*, где земная кора наиболее подвижна, и *платформам*, сами спокойным в тектоническом отношении районам. Эти районы резко отличаются один от другого по всем показателям, и количественная характеристика может только подтвердить это различие. Что касается типов тектонических районов, переходных между платформами и геосинклиналями<sup>3</sup>, то для их выделения нет определенных критериев. Неясно даже, сколько всего таких промежуточных типов районов, существенно различающихся между собой, — один, два или больше. Эти промежуточные типы районов можно однозначно выделить только на основе количественной характеристики. Кроме того, такая характеристика позволяет уточнить тектоническую терминологию, классификацию складчатости, продвинуться вперед в понимании причин движения земной коры. Очевидное применение она найдет (и находит) в нефтяной геологии.

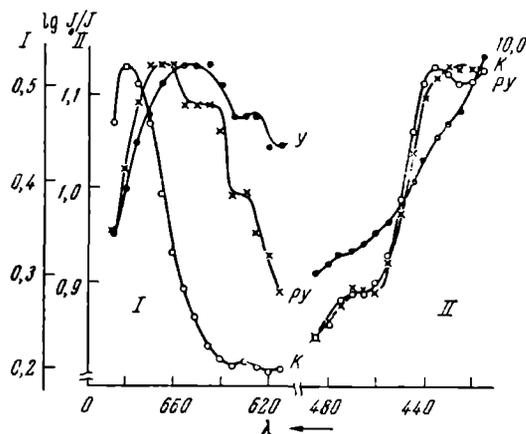
В настоящее время математическая статистика и теория вероятностей внедряются буквально во все отрасли

стичь скорость, втрое превосходящую скорость звука, т. е. около 3600 км/час.

«Science News Letters», v. 85, 1964, № 11, p. 162 (США)

## О РАДИОУСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМОВ

Из литературы известно, что при облучении семян  $\gamma$ -лучами в дозе, вызывающей резкое угнетение развития, 3—5% растений вследствие своих индивидуальных особенностей не показывает общего угнетения и по развитию мало отличается от контроля. Проводя опыты с облучением семян гороха сорта Победитель  $\gamma$ -лучами  $Cs^{137}$  в дозе 10 кюри, мы также обнаруживали единичные радиоустойчивые растения. Был исследован спектр «натурального» хлорофилла (см. рис.) из листьев нормальных растений, из листьев угнетенных растений (после облучения семян дозой в 10 кюри) и листьев растений, облученных, но оказавшихся радиоустойчивыми (при этой же дозе облучения).



Изменения спектров абсорбции хлорофилла у 21-дневных проростков в красной (I) и фиолетовой (II) областях при облучении семян гороха  $\gamma$ -лучами<sup>4</sup>.

$$\text{Для } I E(K) = E(PY) = E(Y) = 0,525.$$

Для II  $E(K) = 1,13$ ;  $E(Y) = 1,75$ ;  $E(PY) = 1,82$ .  
E — экстинкция, K — контроль, PY — радиоустойчивое растение, Y — угнетенное растение

<sup>1</sup> См. Наука в истории общества, ИЛ, 1956, стр. 428—429.  
<sup>2</sup> См. Известия АН СССР, серия геологическая, 1963, № 1, стр. 8.

<sup>3</sup> Один из таких промежуточных типов районов под названием эпигональ описан в «Природе», 1963, № 11, стр. 113—114.

<sup>4</sup> Интенсивность абсорбции в фиолетовой области спектра при максимумах на рисунке соответствует лишь контрольному варианту. Для облученных вариантов интенсивность абсорбции показана в подписи к рисунку.

Интересно, что спектр «натурального» хлорофилла радиоустойчивых растений очень близок к спектру, полученному нами ранее у тех же растений после облучения их семян в дозе 0,5 кюри, являющейся для этого сорта стимулирующей.

Поскольку в литературе есть указания на общность хлорофилла и гемоглобина, не говоря уже о большом сходстве их молекул, интересно провести подобные исследования и с гемоглобином. Эти изменения спектра гемоглобина при облучении животного организма могут иметь близкий механизм.

Е. К. Узорин

Институт биологической физики АН СССР (Москва)

## ЦВЕТНОЕ ЗРЕНИЕ ГОЛУБЯ

На прилагаемой фотографии виден эксперимент, в котором американский ученый Д. Томас изучал по методу условных рефлексов цветное зрение голубей. Исследователь пришел к выводу, что цветное зрение у голубя тоньше, чем у человека: голуби различали цвета, которые для человека казались неразличимыми.

«Science News Letters», v. 85, 1964, № 7, p. 101 (США)



геологии. Поэтому оперативное использование математических методов требует мышления вероятностными категориями, в то время как для геолога типично мышление образами детерминированных схем. Однако высказанное на упомянутом совещании мнение, что «мышление образами детерминированных схем приносит огромный вред геологии как науке в целом», следует считать преувеличенным, если не ошибочным. Математическая геология, естественно, развивается на базе старой, обычной геологии, и нельзя говорить, что методы последней представляют собой «вред», да еще «огромный», для развития математической геологии. Она и впредь должна развиваться в тесном контакте с обычной геологией, а «огромный вред» может принести (и в прошлом приносил) именно отрыв от нее математической геологии.

Изложенные соображения можно проиллюстрировать на примере геотектоники.

В мировой литературе утвердилось название «количественная тектоника». Особенно энергично она развивается во Франции геологами Брошю, Кайе, Годаром, Шевалье. Их метод состоит в подсчете среднего угла падения пластов горных пород. Но что дает средний угол падения для разнородных в тектоническом отношении районов? «Ничего!» — как справедливо отметил немецкий геолог Г. Вебер. Кроме того, французские геологи не учитывают разрывные нарушения, а между тем разрывные нарушения характеризуют дислоцированность пластов наравне с углами их падения. Поэтому для характеристики дислоцированности пластов следует применять не средний угол падения, а особую величину — меру дислоцированности пластов<sup>1</sup>. Лишь в случае отсутствия разрывных нарушений мера дислоцированности сводится к среднему углу падения. Мера дислоцированности некоторых, но вполне определенных пластов того или иного тектонического района — это его количественная характеристика. В соответствии с законом диалектического материализма достаточно большие количественные изменения должны вести к качественно иному тектоническому району. Чтобы установить, как велики должны быть эти изменения, необходимо ввести понятие нормы тектонического района — его наиболее характерной количественной характеристики. Вообще го-

воря, чем большую площадь того или иного тектонического района мы возьмем для вычислений, тем ближе будем к его норме. Как показывают подсчеты, при переходе к качественно другому тектоническому району земной коры нормы изменяются в число раз кратное пяти. Таким образом, с точки зрения количественной характеристики выделяются четыре типа тектонических районов: геосинклинали — норма 60°; полугеосинклинали (например, современный Тянь-Шань), полуплатформы (например, западная часть Центрального Казахстана в герцинский этап тектогенеза — 200—350 млн. лет назад), эпигонали — норма 12°; псевдоплатформы (например, современный Урал) — норма 2,5°; платформы — норма 0,5°. Возможны отклонения от нормы до 50—57% в сторону занижения (кроме платформ) и до 100—125% в сторону завышения (кроме геосинклиналей), пока дальнейшее отклонение не приведет скачкообразно к качественно другому типу тектоничес-

<sup>1</sup> См. «Тезисы докладов совещания по проблемам тектоники», Изд-во АН СССР, 1962, стр. 163.

кого района в соответствии с законом перехода количества в качество.

Итак, вычисление меры дислоцированности и количественной характеристики следует производить по однородным в тектоническом отношении площадям, а для этого необходимо знать историю геологического развития этой площади. Поэтому, наряду с мерой дислоцированности и количественной характеристикой, следует вычислять скорость их образования за 10 млн. лет или за тектонический этап порядка 200 млн. лет. Одной из задач количественной тектоники тогда является выражение истории геологического развития по возможности в точных цифрах.

Справедливой критике подвергается геологическая терминология. Так, в Сибирском отделении АН СССР было исследовано 100 геологических понятий с точки зрения логики и только одно из них выдержало испытание. Возникает сомнение, может ли математическая геология развиваться на основе столь малоточных понятий? В действительности, однако, применение математики в геологии на основе старых понятий не только возможно, но это единственно реальный путь. Вместе с тем, количественные методы позволяют уточнить геологическую терминологию, как, например, это сделано в отношении понятия тектонического района.

А. И. Рыбин  
Москва

## ВЫДАЮЩИЙСЯ МЕХАНИК И МАШИНОСТРОИТЕЛЬ

70 ЛЕТ АКАДЕМИКУ А. А. БЛАГОНРАВОВУ

3 июня 1964 г. научная общественность отметила 70-летие академика Анатолия Аркадьевича Благонравова, Героя Социалистического Труда, ученого, педагога, общественного и политического деятеля.

А. А. Благонраков родился 1 июня 1894 г. (по новому стилю). Детские годы его прошли в селе Аньково, Юрьевского уезда, Владимирской губернии. С 1903 г. он учился во Владимирской мужской гимназии, которую окончил в 1912 г. с золотой медалью и поступил в Петербургский политехнический институт. Война 1914 г. прервала его учебу в институте, он поступает в Михайловское артиллерийское училище, по окончании которого направляется на Кавказский фронт, где его застаёт Великая Октябрьская социалистическая революция. А. А. Благонраков принадлежал к той плеяде военных работников, которые сразу стали на сторону Советской власти и приняли деятельное участие в организации Красной Армии. Пройдя в рядах Красной Армии всю гражданскую войну, А. А. Благонраков остается в рядах армии как кадровый военный. Свое высшее инженерное образование он завершает в Военно-Технической академии. Окончив в 1929 г. артиллерийский факультет, А. А. Благонраков включается в интенсивную научную и педагогическую деятельность по развитию отдельных направлений артиллерийской науки. Его перу принадлежит капитальный труд, который надолго определил направление конструкторской мысли по проектированию автоматического оружия.

Новый важный этап научной деятельности А. А. Благонравова наступил в 1954 г., когда он возглавил Институт машиноведе-

## ЗВЕЗДНЫЕ СПЕКТРЫ В ЛАБОРАТОРИИ

Известно, что в спектрах некоторых звезд встречаются линии, которые трудно получить в лаборатории. Эти линии испускаются многозарядными ионами, т. е. атомами, от которых оторвано много электронов. Астрофизик А. Мейнел и физик С. Башкин из университета Аризоны (США) предложили простой метод получения подобных ионов в лаборатории. В этом методе струя частично ионизованного газа «простреливается» сквозь тонкую мембрану из графита или бериллия. При прохождении через мембрану происходит отрыв электронов. Испускаемые после этого спектральные линии совпадают с наблюдаемыми в спектрах Новых (взрывающихся) звезд.

«Science News Letters», v. 85, 1964,  
№ 4, p. 60 (США)

## ЯДЕРНОЕ ДЕЛЕНИЕ — ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

В США сообщается об экспериментах по разработке метода прямого получения электрической энергии в ядерном реакторе за счет энергии осколков деления. Ячейка реактора состоит из двух магневых электродов. Внутренний электрод имеет форму сигары и покрыт тонким слоем делящегося вещества. Он расположен в центре вакуумной камеры квадратного сечения, стенки которой служат внешним электродом. Осколки деления переносят электрический заряд от внутреннего электрода к внешнему. При этом кинетическая энергия осколков преобразуется в электрическую энергию. Система может эффективно работать при разностях потенциалов не ниже нескольких сот тысяч вольт; оптимальные условия достигаются примерно при миллионе вольт. Работа с такими высокими напряжениями под облучением связана с серьезными техническими трудностями.

«Science News Letters», v. 85, 1964,  
№ 8, p. 117 (США)

## «ГРАДОМИНИРОВАНИЕ» АРБУЗОВ

На бахче Луганской сельскохозяйственной опытной станции наблюдалось необычное явление: многие арбузы с треском «взрывались» (не просто трескались!), распадаясь на несколько частей, даже без какого бы то ни было прикосновения к ним. Изучение показало, что виновником такого оригинального «поведения» арбузов был... град. Довольно крупные градины выбили на поверхности арбузов многочисленные вдавлишки-осипки, которые и явились своеобразными воротами для молочнокислых бактерий, проникших к созревшей сладкой мякоти. В пораженных арбузах началось гетероферментативное молочнокислое брожение и образующаяся при этом углекислота, накапливаясь, вскоре с треском их разрывала. И все это — в результате нарушения бактерионепроницаемости оболочек арбуза.

*В. В. Ряховский*  
Кандидат сельскохозяйственных наук  
Луганская сельскохозяйственная опытная станция

## НАЖИВКА ИЗ ОСЬМИНОГА

Рыбак, выловивший палтуса, — счастливцев. Еще бы! Ведь иная из таких рыбин весит до двенадцати пудов, а длина тела достигает 4,5 м. По внешнему виду палтусы (они относятся к отряду камбалообразных) напоминают огромных камбал. Глаза у них также расположены на одной стороне.

Мясо палтусов очень вкусное и жирное. Неудивительно поэтому, что эта рыба издавна считается одним из ценнейших промысловых видов. Любопытную приманку, позволившую увеличить улов палтусов, этих донных хищников, применяли американские рыбаки в Беринговом море. В качестве наживки были использованы... осьминоги.

*«Fishing Gazette», v. 81, 1964, № 1,  
p. 10—11 (США)*

## НАДУВНОЙ ПЛАНЕР

Радиоуправляемый надувной планер «Флекс-Винг» испытан

ния АН СССР и взял на себя руководство вновь созданной лабораторией машин-автоматов.

За прошедшее десятилетие под его руководством Институт превратился в центр отечественной науки о машинах, в котором решаются многие проблемные вопросы, необходимые для развития различных отраслей народного хозяйства.

Лаборатория машин-автоматов находится на переднем крае науки, успешно решая актуальные вопросы, связанные с автоматизацией различных типов станков и созданием автоматических линий. Достаточно упомянуть разработку новой шаговой системы цифрового управления станками, получившей широкое распространение в отечественном и зарубежном станкостроении, а также создание А. А. Благонравовым совместно с А. Е. Кобринским впервые в мире биоэлектрической системы управления, открывающей широкие перспективы для развития самых различных систем управления. За создание на этой основе системы манипулятора (биорука) А. А. Благонравов был награжден Большой Золотой медалью ВДНХ.

В течение ряда лет в исследованиях лаборатории значительное внимание уделяется разработке виброударных режимов движения машин, механизмов и устройств. Развитые в Институте машиноведения методы теории виброударных систем получили внедрение и широко используются в практике работы НИИ и конструкторских бюро.

В Лаборатории машин-автоматов были начаты работы по созданию методов исследования и проектирования механизмов с гидравлическими и пневматическими устройствами. В частности, в настоящее время проводится исследование пневматических систем управления дискретного действия с целью создания методов их структурного и динамического синтеза.

При непосредственном участии А. А. Благонравова Институтом машиноведения успешно выполнены важные научные исследования, результаты которых позволили решить ряд актуальных задач, необходимых для быстреего развития новой техники.

Много энергии и сил А. А. Благонравов отдает развитию в Институте новых направлений, в числе которых можно указать разработку научных основ применения полимерных материалов в машиностроении, экспериментальных методов исследования напряжений и вибраций в машинах; исследования материалов для работы в экстремальных условиях; создание и промышленное внедрение новых фрикционных и антифрикционных материалов, в том числе на основе полимеров, разработка способов упрочнения металлов и сплавов.

А. А. Благонравов — крупный общественный и политический дея-



Академик А. А. Благонравов

тель, он борец за мир, за мирное сосуществование народов, за счастье мирного труда людей. В этом мы видим глубокую партийную сущность деятельности академика Благонравова. С момента создания движения ученых мира за всеобщее разоружение А. А. Благонравов принимает активное участие в работе Пагуошских конференций.

А. А. Благонравов — вице-президент Международного Комитета по исследованию космического пространства, участник многих международных совещаний и конференций ученых по вопросам исследований космического пространства, на которых как руководитель советских делегаций успешно отстаивает приоритет советских достижений в изучении и освоении космоса. Как председатель Комиссии АН СССР по исследованию и использованию космического пространства, академик А. А. Благонравов ведет большую работу по осуществлению связей с международными организациями. В 1962 и 1963 гг. он возглавлял советскую делегацию на переговорах с представителями США по заключению советско-американского соглашения по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях. В течение последних лет он постоянный представитель СССР в научно-техническом Подкомитете Комитета ООН по мирному использованию космоса и заместитель постоянного представителя СССР в Комитете ООН по космосу.

Партия и Правительство высоко оценили научную и общественную деятельность А. А. Благонравова. Ему присвоено высокое звание Героя Социалистического Труда, лауреата Государственной премии. Он награжден многими орденами и медалями.

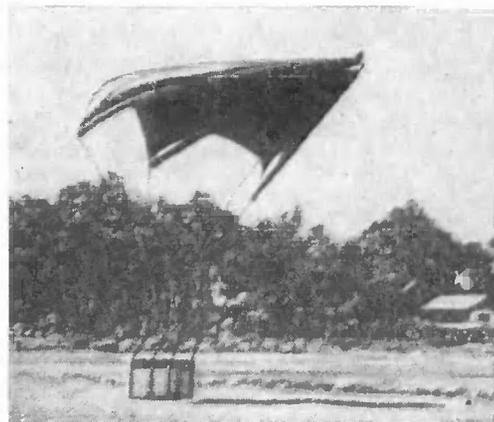
Семьдесят лет — это немало для истории, совсем мало для геологии и почти ничто для космоса, но это большой отрезок жизненного пути человека, и, подводя итог деятельности Анатолия Аркадьевича Благонравова, можно смело сказать, что как истинный советский ученый-патриот он все свои силы и знания отдает великим идеям строительства материально-технической базы коммунизма.

*Академик И. И. Артоболевский*

## ПАРИТЕЛЬ МОРСКИХ ГЛУБИН

Создатели этого своеобразного аппарата назвали его подводным планером — это не только образное, но и наиболее точное определение. Как и всякий планер, подводный паритель лишен какой-либо силовой установки, имеет корпус-фюзеляж, крылья и хвостовое оперение. Но в отличие от обычного гидропланера постоянно нуждается в буксировщике. Таким буксировщиком для подводного планера служит приспособленное для этой цели надводное судно, движущееся с определенной скоростью.

Планер обладает небольшим запасом плавучести — спущенный на воду, он остается на ее поверхности. На глубину аппарат «загоняют» гидродинамические силы, возникающие на его крыльях при продвижении вслед за судном-буксировщиком по типу змея. Гидродинамические силы «гасят» избыточную плавучесть аппарата, не дают ему быть вытолкнутым на поверхность. Наоборот, при окончании воздействия этих сил аппарат всплывает, поэтому такая, например, авария, как обрыв троса, во время подводного рейса ему не страшна.



недавно в Таиланде. Такие планеры предназначаются для доставки грузов в различные отдаленные и труднодоступные районы. Предполагается, что в дальнейшем подобные аппараты можно будет использовать как средство сообщения в космосе.

На снимке показан момент приземления планера.

«Electronics», в. 37, 1964, № 8, р. 40 (США)

## ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА ЗВЕЗДЫ

Австралийские астрономы построили звездный интерферометр, имеющий два зеркала, каждое диаметром 6,6 м, движущиеся по круговому рельсовому пути диаметром 185 м. Зеркала весят 12 т каждое. Поверхность их составлена из более чем 250 шестигольных зеркальных элементов, фокусирующих свет звезды на фотоумножитель. Интерферометр предназначен для прямого измерения диаметров близких к нам звезд, что позволяет по известной светимости находить также и эффективную температуру их поверхности.

В порядке испытания прибора было произведено измерение диаметра Веги; оказалось, что он в три с половиной раза больше диаметра Солнца. Интерферометр установлен на обсерватории Нарраби, принадлежащей Сиднейскому университету

«Science News Letters», в. 85, 1964, № 13, р. 195 (США)

## САМОЕ ОТДАЛЕННОЕ НЕБЕСНОЕ ТЕЛО

Как уже сообщалось в нашем журнале, наиболее отдаленными от нас космическими объектами являются источники радиоволн — так называемые сверхзвезды, или квазизвезды. До недавнего времени самым далеким из них считается объект ЗС 295. Недавно открыт новый объект ЗС 147, в спектре которого линии ионизованного кислорода и неона смещены в красную сторону на 54,5% от своего нормального положения. Такое большое красное смещение указывает, что объект удаляется от нас с громадной скоростью, составляющей 41% от скорости света. Согласно релятивистской космологии, большой скорости удаления отвечает очень большое расстояние от нас; точно определить расстояние при таких больших красных смещениях существующая теория пока не позволяет, но ориентировочно можно сказать, что оно должно измеряться миллиардами световых лет и быть на 10—20% больше, чем расстояние до объекта ЗС 295.

*«Scientific American», v. 210, 1964, № 5, p. 59 (США)*

## ОЗОН И ЛУК

Давно известно, что при электрических разрядах в воздухе образуется озон, который способен убивать бактерий. Недавно в университете штата Висконсин (США) Р. Энгл и В. Габельман получили новые данные о действии озона на одно из высших растений, а именно на лук. Исследователи установили, что озон вызывает «выгорание» (т.е. пожелтение и отмирание) верхушек зеленого лука. Для этого действия достаточно чрезвычайно малая концентрация озона: 0,4 части на миллион частей воздуха, как установлено опытами в теплице. Между тем после сильной грозы в воздухе может накопиться вдвое больше озона. Таким образом, грозовые разряды могут повредить луку, растущему в открытом грунте.

*«Science News Letter», v. 85, 1964, № 11, p. 168 (США)*

Изменение плавучести планера и необходимая маневренность могут быть осуществлены и классическим способом — продувкой балластных цистерн, а также сообщением аппарату определенного дифференциала килевого наклона или включением рулей-элеронов.

Подводный планер, получивший название «Атлант», представляет собой одноместный глубоководный аппарат, предназначенный по замыслу конструкторов для исследовательских работ, связанных с морским рыболовством, — изучение работы тралов (их положение, раскрытие, форма) при различных скоростях траления, поведение рыб при встрече их с орудиями лова, исследование подвижности и плотности косяков придонных и пелагических рыб, а также проведение чисто океанологических изысканий и наблюдений.

Модель глубоководного аппарата, подобно аэропланной, была продута в аэродинамической трубе. Интересны крылья прибора — они сделаны съёмными. Общий размах крыльев 4,3 м, длина аппарата 4,5 м, вес 1840 кг.

Подводный планер хорошо оборудован. Бортовые обтекатели несут глубоководные светильники направленного действия и баллоны с сжатым воздухом для наблюдателя «океанавта». В полости корпуса размещены установка регенерации воздуха, аппаратура контроля микроклимата, приводы управления, аварийная аккумуляторная батарея и различные приборы для исследовательской работы. В носовой части аппарата вмонтировано четыре иллюминатора. Планер может опускаться на глубины до 200 м, продолжительность «планирования» — до 5 час. за одно погружение.

Создатели этого необыкновенного парителя — группа ученых и конструкторов Клайпедского отделения Государственного проектного института рыбопромыслового флота. Недавно подводный планер успешно провел свои первые «полеты».

Однако «Атлант» — не единственный гидропланер, созданный в СССР. Похожие на него подводные парители построены группой энтузиастов из Московского авиационного института. Но в отличие от «Атланта» новые планеры МАИ-1 и МАИ-2 — чисто спортивные. По форме они напоминают сверхзвуковой самолет. Сделаны из стеклопластика. Ведомые катером-буксировщиком планеры развивают скорость под водой до 20 км/час. На них можно даже под водой выполнять некоторые фигуры «высшего пилотажа».

*А. А. Чернов  
Москва*



«Атлант» во время подводного полета

## ЦЕННОЕ ПОСОБИЕ

А. А. Сауков

### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебное пособие для геологических факультетов государственных университетов.

Изд-во МГУ, 1963, 248 стр.,  
ц. 67 коп.

В последние годы все шире распространяются геохимические поиски полезных ископаемых. Эти прогрессивные методы можно использовать в самых разнообразных геологических и физико-географических условиях. Большие работы в этом направлении много лет проводятся в Казахстане и на Урале, геохимические поиски стали применять на Кавказе, на Украине, в Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней Азии. Нефть и газ, золото, уран, полиметаллы, бор, ртуть, медь, вольфрам, молибден и многие другие полезные ископаемые — вот объекты геохимических поисков. Тысячи специалистов-геологов в поисковых экспедициях используют геохимию в своей повседневной работе.

Однако дипломированных специалистов-геохимиков у нас еще очень мало, поэтому геологам приходится попутно овладевать новыми для них приемами работы. В этом трудном деле могло бы помочь хорошее учебное пособие, которое систематически, на современном научном уровне излагало бы геохимические методы поисков. Такой книги у нас до сих пор не было. Труд чл.-корр.



АН СССР А. А. Саукова восполняет этот пробел в геологической литературе. Впервые не только в учебной, но и в научной литературе, в одном пособии освещены все основные методы геохимических поисков, в том числе такие новейшие, как изотопный анализ и нейтронный кароттаж. Автор показывает, как важно использовать геохимию в первую очередь для поисков так называемых труднооткрываемых месторождений.

В начале книги изложена история геохимических методов поисков. Она связана с именем замечательного химика акад. Н. С. Курнакова. Теоретические основы этих методов изложены в трудах основателей геохимии В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана. Однако систематические исследования начались лишь в 30-х годах. Именно в это время возникло новое понятие — «ореол рассеянного месторождения», и было показано, что, определяя

металлы в рыхлых отложениях («металлометрия»), можно искать руду. Наиболее широкое распространение геохимические поиски получили в послевоенные годы<sup>1</sup>.

Далее автор рассказывает о способах анализа, применяемых при геохимических поисках. Основное значение приобрел спектральный анализ. При хорошей организации труда один спектрограф может проанализировать в сутки 100 проб, в каждой пробе анализируется около 30 химических элементов. Чувствительность анализа для Hg доведена до  $2 \cdot 10^{-7}\%$ , для Cu, Mo —  $3 \cdot 10^{-4}\%$  и т. д. Меньшее распространение получили люминесцентный анализ, колориметрия и другие физические и химические методы анализа.

Рассматривая теоретические основы геохимических поисков, причины совместного нахождения элементов в земной коре, А. А. Сауков останавливается на характеристике геохимических провинций и эпох. Хорошо известно, что Урал богат медью, золотом, хромом, железом, но беден оловом, молибденом, что олова много на Дальнем Востоке, молибдена на Кавказе и т. д. Все это примеры различных геохимических провинций, причины рудной специализации которых еще недостаточно ясны. Не менее важна про-

<sup>1</sup> О размахе геохимических поисков в СССР говорит число проанализированных металлометрических проб. За все время оно измеряется десятками миллионов, ежегодно анализируется около 10 млн. проб. Столь массовый аналитический материал можно получить только при помощи быстрых, точных и чувствительных методов анализа.

блема геохимических эпох. Например, главнейшие железорудные месторождения (Курская магнитная аномалия, Кривой Рог) образовались в докембрии более 600 млн. лет тому назад, а месторождения солей, наоборот, имеют сравнительно молодой возраст. Для объяснения существования металлогенических провинций и эпох автор привлекает выводы современной геохимии, в том числе учение о миграции химических элементов.

В этой же главе обстоятельно характеризуются ореолы и потоки рассеяния элементов вокруг рудных тел полезных ископаемых. Эти ореолы образуются в горных породах и почвах (литохимические ореолы), в водах (гидрохимические ореолы), растениях (биогеохимические ореолы), атмосфере (газовые ореолы). На их изучении и основаны геохимические поиски.

Наибольшее распространение получило изучение литохимических ореолов, в форме анализа проб рыхлых отложений и почв. Эта «металлометрическая съемка» привела к открытию ряда крупных месторождений. Автор по-

дробно характеризует разновидности литохимии (металлометрии), приводит образцы металлометрических карт и профилей через ореолы рассеяния, останавливается на практическом применении этого метода.

В книге рассмотрены и гидрогеохимические методы, основанные на определении элементов в водах, на обнаружении водных ореолов рассеяния. Теория гидрогеохимических поисков разработана достаточно подробно и их широкое применение в значительной степени зависит от того, насколько геологи-поисковики овладеют этими весьма перспективными методами. Большое внимание уделено в книге газовым (атмохимическим) и биогеохимическим поискам. Первые применяются при поисках нефти и радиоактивных руд, вопрос о поисках других ископаемых по газовым ореолам находится в стадии разработки. Поиски руд на основе анализа растений показали свою эффективность в ряде районов, но широкое их внедрение в практику — еще впереди.

Отдельная глава посвящена геохимическим методам поисков

нефтяных месторождений. На примере этого важнейшего полезного ископаемого автор иллюстрирует применимость различных геохимических методов. Нефть ищут и по твердым продуктам ее превращения в породах (битумные методы), и на основе анализа почв, вод, газов, путем изучения микрофлоры («микробиологические методы») и радиоактивности пород.

В последней главе книги характеризуются природные условия проведения поисков. Автор подчеркивает необходимость дифференциации геохимических методов в зависимости от геологоструктурных условий, рельефа, климата. В горах и на равнинах, в тундре и в пустыне, на цитах и платформах ореолы образуются по-разному и поэтому поиски имеют свою специфику.

В заключение автор особо подчеркивает, что геохимические поиски должны применяться в комплексе с другими геологическими и геофизическими методами.

*А. И. Перельман*  
Доктор геолого-минералогических наук  
Москва

## ОТ НЕВИДИМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДО ДЕЛЕНИЯ ЯДРА

О. А. Старосельская-Никитина  
ИСТОРИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ  
И ВОЗНИКНОВЕНИЯ  
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Изд-во АН СССР, 1963,  
428 стр., ц. 2 р. 10 к.

За последние 50—70 лет физика вписала немало удивительных страниц в свою летопись. И одна из них, пожалуй, наиболее блистательная и значительная по своим последствиям, связана с открытием радиоактивности. Благодаря этому открытию, в

конечном счете, удалось овладеть способами высвобождения и использования колоссальной энергии, заключенной в атомных ядрах. Исследование радиоактивности привело к возникновению новых перспективных отраслей знания — радиохимии, радиобиологии, геологии радиоактивных веществ и др.

В книге О. А. Старосельской-Никитиной подробно рассказано об этой увлекательной истории радиоактивности. На основе обширного фактического материала, собранного автором, шаг за

шагом прослеживается развитие физических знаний о радиоактивности. «Случайное» открытие Анри Беккерелем невидимого излучения солей урана привело благодаря работам Марии и Пьера Кюри к грандиозным научным результатам. Оно оказало огромное воздействие на последующее развитие всей физической науки.

С интересом читается раздел книги, посвященный научному творчеству Ирен и Фредерика Жолио-Кюри. Их исследования привели к ряду выдающихся от-

крытый и гипотез. Среди них — экспериментальное предвидение новой частицы — нейтрона (январь 1932 г.), открытого месяц спустя Чадвиком; изучение процессов так называемого рождения (1933 г.) и аннигиляции (1934 г.) электронно-позитронной пары. В 1932 г. ими было открыто явление искусственной радиоактивности как следствие ядерных превращений, искусственно вызываемых под воздействием частиц. Это указало кратчайший путь к овладению энергией атомных ядер.

Автор приводит интересный документ — текст письма Фредерика Жолио-Кюри академику Д. В. Скобельшину от 1 февраля 1934 г., в котором содержится изложение сущности этого открытия.

В книге хорошо показано, как в научной деятельности Ф. Жолио-Кюри смелая фантазия сочеталась с тщательно поставленными экспериментами. Являясь неутомимым экспериментатором, он подчеркивал, что «всегда следует осуществить эксперимент, если он возможен, даже и в том случае, если средства, которыми можно располагать, несовершенны». Труды Ф. Жолио-Кюри, раскрывавшие специфику взаимодействия различных видов материи — поля и вещества, противоречивость материальных превращений в микромире, — яви-



лись блестящей конкретизацией и применением принципов материалистической диалектики.

Одно из достоинств книги — обстоятельный анализ работы международных конференций и встреч физиков, в частности знаменитых Сольевеских конгрессов, где проходили плодотворные дискуссии по актуальным проблемам развития физической науки. Перед читателем развертывается великая «драма идей», участниками которой стали выдающиеся ученые разных стран мира. Страницы, посвященные научной деятельности Марии и Пьера Кюри, Эрнеста Резерфорда, Нильса Бора, Ирен и Фредерика Жолио-Кюри, Игоря Курчатова рисуют самоотвержен-

ные образы ученых, которые постоянно искали новые пути в противоречивом процессе познания микромира. Однако, на наш взгляд, автор порой увлекается историческими описаниями и изложением громоздкого эмпирического материала. В силу этого в тени остались некоторые важные методологические проблемы, например, анализ внутренних закономерностей в развитии учения о радиоактивности, логики и психологии научного поиска создателей этой теории. Возможно, такого рода упущением объясняется отсутствие в книге выводов по поводу дальнейших перспектив в исследовании радиоактивности.

Десять лет назад, отвечая на вопрос, «что вносит радиоактивность в познание мира», Ирен Жолио-Кюри сказала: «...мы обязаны ей не только нашими познаниями о глубочайшем строении материи, но и данными фундаментального значения относительно эволюции нашей планеты и даже вселенной». Этим во многом определяется ценность рецензируемой книги, в которой, благодаря содержательному и систематическому изложению, история радиоактивности предстает как яркая страница великой науки.

*А. Р. Познер*

*Кандидат философских наук*

*Москва*

## КОРОТКО О КНИГАХ

### Г. Н. Шлыков ИНТРОДУКЦИЯ И АККЛИМАТИЗАЦИЯ РАСТЕНИЙ. ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ И ОСВОЕНИЕ В НОВЫХ РАЙОНАХ

Сельхозиздат, 1963, 488 стр.,  
ц. 11 р. 57 коп.

«По воле человека и ради удовлетворения его потребностей растения переносятся из одних райо-

нов и стран в другие» — так определяет автор сущность интродукции растений.

Весь растительный мир непрерывно изменяется в силу естественных причин. Человек берет этот процесс в свои руки и управляет им. И мы видим, что растения, перенесенные издалека, могут приобрести новые качества и становятся новыми сортами.

Эта работа не решается авральным методом. Чтобы видовой и сор-

товой состав наших сельскохозяйственных культур обогащался и улучшался, необходимо систематически заниматься интродукцией растений. Особенно это важно в районах освоения целинных и залежных земель.

Книга содержит теоретические основы для преобразования советского растениеводства и может обогатить читателя опытом, накопленным многими совхозами, колхозами и научными учреждениями.

## УХО—РАДИОРЕПРОДУКТОР?

Однажды на вечере вопросов и ответов по электронике в студенческом общежитии Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства зашел разговор о возможности непосредственного восприятия человеком радиоволн. Студент Геннадий Мазеев рассказал, что он с приятелем слушает радиопередачи без громкоговорителя и без телефона. Для этого два человека становятся так, чтобы ухо одного располагалось возле уха другого не соприкасаясь. Затем каждый осторожно дотрагивается пальцем руки до гнезда розетки трансляционной радиосети и оба... слушают передачу.

Придя домой, я решил проверить справедливость сказанного. Так как в квартире не оказалось второго слушателя, то я решил постановку опыта изменить. Я взял крышку от алюминиевой кастрюли, присоединил к ее ручке проводничок и, обернув крышку газетой, воткнул проводничок в одно из гнезд трансляционной розетки.левой рукой приложил крышку к уху, а пальцем правой прикоснулся ко второму гнезду розетки и услышал голос диктора.

Как объяснить это забавное явление? Крышка и барабанная перепонка с ушной раковиной представляют собой два проводника, разделенных диэлектриком (листом бумаги и воздухом), т. е. образуют конденсатор с одной «живой пластиной». (В опытах студентов обе пластины были «живыми».) На обкладки этого своеобразного конденсатора из радиосети поступает переменное напряжение звуковой частоты.

При этом барабанная перепонка приходит в колебательное движение, и человек слышит передачу.

Правда, в этих опытах барабанная перепонка колеблется с удвоенной частотой. Чтобы частотное искажение устранить, я в расщелку провода включил полупроводниковый диод Д7А.

Интересно в этих опытах то, что ухо реагирует не на звуковые волны, а непосредственно на электрическое напряжение. Таким образом, ухо может выполнять функции телефона. По моим расчетам, «живой телефон» потребляет энергии в тысячу раз меньше, чем обычный.

В одном из номеров «Недели» рассказывалось об интересных исследованиях, проведенных Пухарихом и Лоуренсом (ФРГ) по борьбе с глухотой<sup>1</sup>. Оказалось, что слышать могут и глухие люди, с поврежденным слуховым аппаратом, но имеющие здоровые нервные волокна, по которым идут звуковые сигналы в мозг. Передача разговора осуществляется по радио, хотя собеседники находятся рядом. Речь воспринимает миниатюрный микрофон, который укреплен на ладкане пиджака глухого человека. От микрофона электрические импульсы поступают в передатчик, а радиоволны несут сигнал приемнику, который располагается... в одном из коренных зубов. Роль антенны выполняет пломба зуба. Электрические сигналы посредством пьезокристалла воздействуют на рыхлую соединительную ткань, которая заполняет полость зуба. По нервным волок-

нам звуковые импульсы направляются в слуховой центр мозга, человек слышит. В данном случае человек слышит без помощи уха.

Если в проведенном мною опыте ухо выполняло роль телефона, то в опытах немецких ученых функции уха взяли на себя электронные приборы.

А может ли человеческий организм непосредственно воспринимать радиоволны?

На этот вопрос доктор Фрей из США отвечает положительно. Он на опыте убедился, что нормальные и глухие люди слышат жужжание, если оказываются в сфере действия импульсных радиоволн с частотой от 200 до нескольких тысяч мегагерц.

Все это говорит о том, как много интересного и полезного на путях сближения таких наук, как биология и электроника.

Е. С. Бибииков  
Кандидат технических наук  
Челябинск

\* \* \*

*Редакция обратилась в Институт физиологии им. И. П. Павлова, к проф. Г. В. Гершуни с просьбой высказать свое мнение по поводу любопытных наблюдений, о которых рассказывается в заметке. Публикуем его ответ.*

Явление, описанное Е. С. Бибииковым, давно привлекает интерес и многократно исследовалось<sup>1</sup>. Это дает основание отме-

<sup>1</sup> В частности, в моих работах по электрическому раздражению органа слуха был дан анализ этого явления. См., например: «Технич. физика», 1937, вып. 2, т. 4; «Физиолог. журн.», 1938, т. 25; «Вестник отоларингологии», 1939, № 2. В американской литературе это явление обозначается как электрофонический эффект. См. Stevens and Davis. «Hearing», 1938, pp. 352—355.

<sup>1</sup> «Неделя», 1963, № 15.

тять, что автор заметки несколько спешит с объяснением. Несомненно, в условиях описанных опытов слуховой прибор приходит в колебание. Однако в каких структурах осуществляется электромеханический (электрофонический) эффект, не вполне ясно. Так, например, экспериментально установлено, что это явление сохраняется и при отсутствии барабанной перепонки. Очевидно, электромеханический эффект может возникать в разных структурах тела, на которые воздействует переменное напряжение.

Утверждение автора, что «ухо реагирует не на звуковые волны, а непосредственно на электрическое напряжение» — неточно. Ухо — это сложный прибор, состоящий из разных частей. Элементы внутреннего уха, в котором расположен прибор, трансформирующий механическую энергию в нервный процесс (так называемый Кортнев орган), реагируют на звуковые колебания, которые возникают при действии электрического напряжения на другие части уха (наружного, среднего, внутреннего).

Что касается сообщения о работе немецких авторов, напечатанной в «Неделе», то к подобным сообщениям следует относиться с осторожностью, они требуют проверки. Известны факты, свидетельствующие, что непосредственное раздражение переменными токами слухового нерва у глухих дает лишь недифференцированное слуховое ощущение. Еще никем отчетливо не доказано, что слуховые ощущения могут быть вызваны при электрическом или механическом воздействии на нервные окончания не слухового, а какого-либо другого нерва (например, пятой черепно-мозговой пары, иннервирующей зубы). Для того чтобы существование подобного явления было доказано, необходимо исследование при полной глухоте, вызванной поражением волокон и окончаний слухового нерва, а не при глухоте (неполной), связанной с нарушением проведения звука в среднем ухе и костях черепа. К сожалению, таких исследований еще не было. Остается открытым вопрос о том, можно ли при раздражении не слуховых нервов, а иных, например идущих от кожи

или от ткани зуба, действительно получить при электрическом или механическом раздражении звуковыми частотами те же ощущения, что и при раздражении слухового нерва. Излишняя доверчивость автора к подобным сообщениям может ввести его самого и читателей в заблуждение.

Однако несомненно установлена другая возможность. При воздействии на кожу механических (звуковых) колебаний достаточной мощности, человек может обучаться распознавать многие признаки этих колебаний, то есть различать определенные свойства звуков. Точно так же при преобразовании звуков, особенно звуков речи, в определенного рода световые сигналы, человек может обучиться распознавать по изображениям на экране характер этих звуков.

Наконец, Е. С. Бибииков затрагивает вопрос о рецепторах электромагнитных колебаний меньшей частоты, чем световые. В настоящее время подобные биологические приборы обнаружены с несомненностью лишь у некоторых тихоокеанских рыб.

## СВЕЧЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПРИ РАСКАЛЫВАНИИ

Э. А. Альфтан<sup>1</sup> и А. Н. Любимов<sup>2</sup> приводили примеры свечения твердых тел при раскалывании. По-видимому, существующее мнение, что это свечение вызвано электрическими искрами, возникающими при электризации трением или при ударе, несостоятельно. Это явление нельзя объяснить так, как предлагают И. А. Тютюнов и П. А. Шумский<sup>3</sup>.

Боле простое объяснение мо-

жно получить с точки зрения квантовой механики. Как известно, электрон в поле ядра может находиться на определенных энергетических уровнях. Но в твердых телах верхние энергетические уровни будут другими, чем в жидких или газообразных. Это различие объясняется смещением (или расщеплением так называемых вырожденных) уровней в электрическом поле соседних ядер (эффект Штарка). Могут возникнуть и новые уровни энергии. По законам квантовой механики электрон излучает только тогда, когда он перескакивает с более высокого уровня на более низкий. При этом частота излучения про-

порциональна разности энергий этих уровней.

Когда разрывается связь между атомами, одни уровни энергии исчезают, другие вырождаются и электрон вынужден перескакивать на более низкий уровень. Именно при этом излучается энергия. Частота излучения связана с энергией связи следующим образом: чем больше энергия связи, тем больше разность уровней энергии, значит тем выше частота излучения.

Процесс будет носить вероятностный характер и быстро загустеть во времени.

*М. К. Макушев*  
Нальчик

<sup>1</sup> См. «Природа», 1961, № 3, стр. 105—106.

<sup>2</sup> См. «Природа», 1963, № 11, стр. 72.

<sup>3</sup> См. «Природа», 1961, № 3, стр. 105—106.

## ЯДОВИТЫЕ ОСЕННИЕ ПЕРЕПЕЛА

Перепел — единственная перелетная птица<sup>1</sup> из семейства фазановых, водящаяся у нас. Основная масса обыкновенных перепелов улетает на зиму в северную часть тропического пояса Африки — в Абисинию, Южную Сахару, район оз. Чад; некоторые достигают экватора. В Индию и Аравию попадают на зимовку, видимо, казахстанские и западно-сибирские перепела. Мечение кольцами показало, что с Европейской территории страны часть перепелов летит не прямо на юг, а на юго-запад и попадает в Африку через средиземноморские провинции Италии и Франции. С полей и лугов средней полосы эти миниатюрные куропатки, сильно жиреющие к осени, начинают отлетать в конце августа — сентябре. К половине октября здесь остаются только единичные особи. Но сам осенний пролет проходит почти незаметно: эти птицы летят, хотя и низко над землей, но только ночью, поодиночке и совершенно молча. Другое дело весной, когда с ночного неба нередко доносится «бой» перепелов — брачные песни летящих на север самцов. Осенью свежие трупы перепелов, разбившихся о телеграфные провода, или раненые и ослабевшие птицы, попавшие в когти домашним кошкам, могут служить верным указанием на незримое ночное передвижение миллионов перепелов.

Найти и спугнуть в поле осеннего отяжелевшего перепела довольно трудно — он неохотно взлетает и предпочитает, заметив

опасность, затаиться, плотно прижавшись к земле, совершенно сливаясь с ней. Нужно почти наступить на него, чтобы заставить поднять на крылья. Но охотники, имеющие хороших подружейных собак, легко отыскивают оставившихся на отдых перепелов и нередко добывают за день до нескольких десятков штук. Особенно успешна такая охота бывает на юге — в причерноморских степях Украины, в Крыму и Закавказье, где перепела скопляются в массе, ожидая благоприятной погоды для перелета через море. В зависимости от фенологических особенностей осени много этой дичи в Крыму появляется иногда уже с конца августа, но обычно — в сентябре — октябре. Изредка перелет растягивается до первой половины ноября.

С. Т. Аксаков в своей знаменитой книге «Записки ружейного охотника Оренбургской губернии» называет мясо осеннего перепела сочным, мягким, вкусным, иногда до приторности жирным. Всего 30—35 лет тому назад в наших черноземных степях существовал особый промысел — отлов живых перепелов сетями. Их сдавали на птицефабрики, где после откорма забивали и тысячами в особой упаковке отправляли на экспорт. В Англии и некоторых других странах всегда существовал большой спрос на таких перепелов. Неизмеримо большее количество их вылавливали в Египте, откуда тоже отправляли в Англию. Есть исследование, установившее, что резкое сокращение количества перепелов на местах гнездовий, в том числе и у нас в СССР, является следствием хищнического истребления этой дичи на осеннем перелете в странах Северной Африки.

<sup>1</sup> Ближайшие родичи перепела — пустынная, серая и даурская куропатки, горная курочка — кеклик, горные индейки или улары (уларов в СССР пять видов), турач и фазан — полностью оседлы и лишь в некоторых районах совершают короткие сезонные перекочевки.

Осень. На лесной тропе охотники готовят гончих собак к началу сезона

Фото П. Яровичко

В сентябре—октябре связи битых перепелов можно видеть на рынках селений и курортных городов Крыма, Минераловодской группы, черноморского побережья Кавказа, Ставрополя. Именно здесь на юге и только в осенние месяцы отмечают редкие случаи отравления людей мясом этой вкусной дичи. Тогда санитарные врачи объявляют запрет на торговлю перепелами, но любители охоты продолжают их стрелять, хотя сами не раз переносили отравление. Иногда среди сотен перепелов нет ни одного ядовитого, но бывают случаи, когда пять-шесть птиц, купленных на рынке, могут причинить серьезные беды.

Причины отравлений долгие годы оставались загадочными, хотя первые сведения об опасных перепелах были опубликованы более 300 лет тому назад. «Описание Украины от пределов Московской до границ Трансильвании, составленное Гильомом Левассер де Боплан» (перевод со 2-го французского издания 1660 г.<sup>1</sup>) содержит следующие строки: «В этой местности водится особый род перепелки с синими ногами и смертоносной для тех, кто ее съедает». Сведения Боплана о принадлежности ядовитых перепелов к «особому роду», отличающемуся цветом ног, ошибочны. Опасным может быть любой из осенних перепелов с ногами обычного — телесного цвета; все зависит от того, чем он питался. Утомленный длительным перелетом, отяжелевший перепел садится на дневной отдых там, где его застанет раннее утро, — в виноградник, у межи на вспаханном под зябь поле, на выбитом скотом выгоне с кое-где уцелевшими колючими или малосъедобными растениями. При выборе корма усталой птице тоже не приходится привередничать — далеко позади остались и луга, и излюбленные перепелами полосы проса. Правда, даже здесь, на временной стоянке она иногда находит семена мышея, отдаленно напоминающие просо, но чаще пользуется тем, что встречается в изобилии. На юге к сентябрю-октябрю вегетация большинства травянистых растений закончена, их семена осыпались и рассеяны по земле. Укрывшись в бурьянах, перепел неизбежно находит семена мало-

съедобных и ядовитых растений<sup>1</sup>.

Известно, что действие многих ядов строго специфично; видимо, поэтому перепела могут питаться без всякого для себя вреда семенами ряда растений, ядовитых для человека и домашних животных. Птица, кормившаяся такими семенами, попадает в сумку охотника вместе с другими, а далее следуют происшествия, подобные описанному врачом г. Пятигорска Д. В. Хованским<sup>2</sup>.

С целью выяснить, какие семена ядовитых растений поедаются перепелами в окрестностях Пятигорска, были организованы охоты в период с 19 августа по 9 сентября 1951 г. Было добыто 140 перепелов. После первой охоты отравился один человек, после второй — один, после третьей — пять и после четвертой — один. Содержимое зоба перепелов было тщательно изучено. Ботаники насчитали семена 21 вида растений, в том числе в большом количестве семена одно-

<sup>1</sup> Е. Сэржен (E. Serrgent. Les saillies empoisonneuses en France) в архиве Алжирского Пастеровского института, 1948 г., т. 26, № 3, описал случай отравления человека и животных мясом перепелов, питавшихся семенами вежа, или цыкуты. Сильная токсичность этого растения известна с глубокой древности; яд его относится к группе поражающих преимущественно центральную нервную систему и вызывающих паралич дыхательных органов.

<sup>2</sup> См. ст. «Об отравлении мясом перепелок». Труды первой научной конференции врачей Ставропольского края 1954, Ставрополь. Отравление всей семьи ессентукского врача сопровождалось судорогами, потерей сознания. Из изученных Хованским 150 случаев отравления все окончились выздоровлением. Но возможны и летальные исходы.

летнего чистеца (*Stachys annua* L., местное название «зябрик»). В монографии «Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР» (коллектив авторов под ред. И. В. Ларина, 1956, т. III) о чистеце сказано: «Ядовиты все части растения в цветущем и отцветшем виде; отравляются главным образом лошади». Д. В. Хованский указывает, что отмечались также случаи отравления лошадей чистецом многолетним и железницей горной, очень сходные по клинической картине с отравлением «зябриком». Семена этих растений также могут поедаются перепелами. В этом вопросе пока еще много неясного, поэтому необходимо его дальнейшее изучение с медицинской, токсикологической, ботанической и экологической стороны. С какой скоростью и в какие ткани тела перепелов проникает яд, семена каких ядовитых видов, кроме указанных выше, поедают перепела, как распределены эти растения по угодьям южной полосы страны, где производятся осенние перепелные охоты. Желательно провести производственные опыты по уничтожению ядовитых сорняков с помощью гербицидов, что будет прежде всего полезно для полеводства, животноводства юга и, конечно, для охотничьего хозяйства.

Редакция ждет дополнений, поправок и предложений по затронутым вопросам от орнитологов, охотников и врачей юга нашей страны.

Профессор А. Н. Ф о р м о з о в  
Москва

## РЕДКИЙ ГОД В ТУРКМЕНИИ

На фоне многих лет наблюдений над погодой 1963 год в Туркмении был чрезвычайно своеобразен. Отдельные атмосферные явления зарегистрированы впервые.

Северо-западные вторжения и частые выходы южнокаспийских и мургабских циклонов определили неустойчивую погоду мая: интенсивная грозовая деятельность, ливневые дожди, ветры с пыльными бурями со скоростью до 15—20 м/сек. В районе Ленинска 30 мая прошел шквал с ливнем, во время которого скорость ветра достигла 101 км/час. В течение 1 часа выпало 25 мм

осадков. Шквал валил телеграфные и телефонные столбы, сносил крыши с домов, выкорчевывал деревья. Старожилы не помнят здесь таких сильных ветров. В первой декаде мая на севере республики выпал крупный град, сопровождавшийся грозой и сильными ливнем. Размер градин достигал 1,5 см в диаметре.

В конце мая (близ поселка Дейнау) на правом и левом берегу Аму-Дарьи выпал необычный дождь: вместе с крупными каплями с неба падало множество мелких лягушек. Такого дождя в Туркмении еще не было ни разу.

<sup>1</sup> Издан В. Г. Ляскоронским в Киеве, 1901. Указанием на эту работу мы обязаны С. В. Кирикову.

Прохладным был июль в Ашхабаде. Максимальная температура воздуха была 40,4° тепла. (За последние 29 лет она колебалась между 42 и 44° тепла, доходила и до 48°.) Самая низкая температура воздуха составила 13,8° тепла, т. е. на 4° ниже обычного для июля минимума и близкого к абсолютному минимуму — 13°. Такое понижение температуры воздуха в июле — явление чрезвычайно редкое, оно сопровождалось усилением ветра и пыльными бурями, грозами. Такой погоды не наблюдалось в Ашхабаде в течение последних 30 лет (с 1934 г.). Термическая депрессия, воздействие которой завершилось западными и северо-западными вторжениями воздушных масс, — вот синоптический процесс, который развивался над Туркмелией в июле.

В августе на территорию республики неоднократно проникали западные и северо-западные воздушные массы, с чем были связаны грозная деятельность и ливни в горах и предгорьях Копет-Дага. Очень сильный ливень с грозой был в Ходжа-Кала в ночь с 31 июля на 1 августа. За 5 часов здесь выпало 84 мм осадков — это шесть с половиной ме-

сячных норм! Никогда раньше в этом месяце здесь не было такого суточного максимума осадков. Ливень породил в горах мощные селевые потоки.

В начале сентября в западной части республики, особенно в горах Копет-Дага и Большого Балхана также прошли ливни с грозами.

Весна, как и лето, принесла жителям Туркмении немало неожиданностей. Северные и северо-западные вторжения воздушных масс и циклоническая деятельность также способствовали возникновению ураганных ветров. В середине марта в юго-восточных районах республики — в долинах рек Мургаба и Теджена — пронесся ураган со скоростью ветра до 126 км/час (у Теджена) и 101 км/час в районе Иолотани. Иногда ветер достиг скорости 144 км/час. На юго-востоке Туркмении никогда раньше такие ветры не наблюдались. Они сопровождались пыльными смерчами, сильными пыльными бурями, понизившими видимость до 20 м, местами до 6—8 м.

*Е. К. Балакирев*

*Ашхабадская гидрометеорологическая обсерватория*

## В НОМЕРЕ (окончание)

**ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ.** Колонны «марширующих» елей. *Н. Н. Карпов* (34). Эхо лесного массива. *В. И. Арабаджи, К. И. Рудик* (95).

### НОВОСТИ, СОБЫТИЯ, ФАКТЫ.

Третья чехословацкая конференция по тектитам. *Карел Гучек* (19). Энтобактерин — биологическое оружие против вредителей (75). Гипсометр (80). Применение лазера в метеорологии (112). Солнце и жизнь. *С. В. Владимиров* (113). Радиационный «след» Земли (113). Еще раз о Тунгусском метеорите. *Ю. Я. Яковлев* (113). Математика и геология. *А. И. Рыбин* (114). Тепловой барьер и титан (114). О радиостойкости организмов. *Е. К. Узорин* (115). Цветное зрение голубя (116). Звездные спектры в лаборатории. (117). Ядерное деление — источник электрического тока (117). Выдающийся механик и машиностроитель. 70 лет академику А. А. Благонравову. *И. И. Артоболеский* (117). «Градоминирование» арбузов. *В. В. Ряховский* (118). Наживка из осьминога (118). Надвухпланер (118). Паритель морских глубин. *А. А. Чернов* (119). Интерферометрическое измерение диаметра звезды (119). Самое удаленное небесное тело (120). Озон и лук (120). Способ выращивания высококачественных кристаллов (128).

**Книги.** Ценное пособие (А. А. Сауков. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых). *А. И. Перельман* (124). От невидимого излучения до деления ядра (О. А. Старосельская-Никитина. История радиоактивности и возникновения ядерной физики). *А. Р. Повнер* (122). Коротко о книгах (45, 56, 69, 123).

**Редакционная почта.** «Ухо — радиорепродуктор? *Е. С. Бибиков, Г. В. Гершуни* (124). Свечение твердых тел при раскалывании *М. К. Макушев* (125).

**Календарь природы.** Ядовитые осенние перепела *А. Н. Формозов* (126). Редкий год в Туркмении. *Е. К. Балакирев* (127).

## ♦ НОВОСТИ — СОБЫТИЯ — ФАКТЫ ♦

### СПОСОБ ВЫРАЩИВАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ КРИСТАЛЛОВ

В лабораториях компании Белл (США) разработан метод выращивания кристаллов высокого качества, получивший название метода VLS (от начальных букв английских слов, обозначающих пар, жидкость и твердое тело). В методе участвуют все три агрегатные состояния вещества. Он

заключается в том, что капля насыщенного раствора кристаллизуемого вещества получает дополнительно это вещество из пара, в результате чего раствор становится пересыщенным и из него происходит кристаллизация.

*«Science News Letters», v. 85, 1964 № 12, p. 184 (США)*

### ПОПРАВКИ

В журнале «Природа», 1964, № 7, стр. 39, 6 строку сверху следует читать: томский ученый П. Лашенков.

В № 8 журнала «Природа» за 1964 г. на стр. 88, левая колонка, во второй и третьей строках сверху следует читать: (Дагестанская АССР).

Художественный редактор *З. К. Тарасенко*

Технический редактор *Г. И. Кривенкова*

**А Д Р Е С Р Е Д А К Ц И И:** Москва, центр, ул. Грибоедова, 4, тел. К5-60-28, Б8-06-72

Подписано к печати 15/VIII—1964 г.

T-13006

Формат бумаги 84×108/16

Печ. л. 13,12+2 вкладыш

Уч.-изд. л. 13,39

Бум. л. 4

Тираж 21300 экз.

Зак. 907

С января 1965 года  
в издательстве  
«НАУКА»  
начинает выходить  
новый научный  
«ЖУРНАЛ  
ЭВОЛЮЦИОННОЙ  
БИОХИМИИ  
И ФИЗИОЛОГИИ»

Журнал будет выходить 6 раз в год.  
Подписная цена на год — 4 р. 50 к.

В журнале будут публиковаться статьи по эволюции основных форм обмена веществ в связи с проблемами возникновения жизни, по сравнительной физиологии и биохимии животных, по онтогенетической физиологии и биохимии, по экологической физиологии и биохимической эволюции животного мира.

На страницах журнала найдут отражение работы по морфологии, фармакологии и патологической физиологии, связанные с проблемой эволюции функций человека и животных.

70 коп.

Индекс  
70707



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»