

# ПРИРОДА



2  
1963

От возникновения наиболее примитивных органических соединений углеводов и дальнейшего их усложнения («первичный питательный бульон») до формирования многомолекулярных размножающихся систем, из которых возникли живые существа, — таков путь эволюции жизни на Земле.

Обложка по статье академика А. И. Опарина выполнена художником *Е. П. Пожарской*

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТЬДЕСЯТ ВТОРОЙ

# ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР академик Д. И. ЩЕРБАКОВ

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. П. ВИНОГРАДОВ; член-корреспондент  
АН СССР Л. А. ЗЕНКЕВИЧ; член-корреспондент АН СССР В. Л. КРЕТОВИЧ; член-корреспондент  
АН СССР Г. М. ФРАНК; доктор физико-математических наук Б. Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ; кандидат физико-  
математических наук С. П. КАПИЦА; Я. Б. РОГАН (*ответственный секретарь*)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

## В номере

ЖИЗНЬ ВО ВСЕЛЕННОЙ  
ПОТЕПЛЕНИЕ АРКТИКИ  
ПРОБЛЕМЫ КАСПИЯ  
НОВЫЕ ГИББЕРЕЛЛИНЫ —  
СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА  
БАКТЕРИИ И УРОЖАЙ  
ИСКОПАЕМЫЙ ВУЛКАН В КРЫМУ

# 2

## 1963

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

# СОДЕРЖАНИЕ

Моделирование мыслительных процессов. <i>В. М. Глушков</i> . . . . .	3
Жизнь во Вселенной. <i>А. И. Опарин</i> . . . . .	14
Марс и органическая жизнь. <i>В. Г. Фесенков</i> . . . . .	22
Культура тканей в онкологии. <i>А. Д. Тимофеевский</i> . . . . .	27
Магнетизм (Современные представления). <i>С. В. Вонсовский</i> . . . . .	33
«Потепление» Арктики и фауна высоких широт. <i>С. М. Успенский</i> . . . . .	48
Геологические циклы. <i>Н. Ф. Балуховский</i> . . . . .	54
О правильных разбиениях пространств. <i>Б. Н. Делоне</i> . . . . .	60
Выдающийся ученый, талантливый организатор науки (Памяти академика <i>А. В. Топчиева</i> ) . . . . .	64

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРИРОДЫ

### Жгучая проблема

Каспийское море будет жить. <i>В. А. Аполлов, С. Н. Бобров</i> . . . . .	68
Еще один вариант. <i>И. И. Стась</i> . . . . .	75

## НАУКА—СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ

### Новый стимулятор роста

Растительные гормоны. <i>В. И. Кефели</i> . . . . .	78
Гиббереллин на винограднике. <i>Г. В. Гаврилов</i> . . . . .	80

## ПРИМЕР, ДОСТОЙНЫЙ ПОДРАЖАНИЯ

Завод — парк. <i>В. А. Быков</i> . . . . .	81
--	----

## В ЛАБОРАТОРИЯХ УЧЕНЫХ

На Пятигорской сейсмической станции. <i>П. Н. Никитин</i> . . . . .	86
---	----

## НА КАРТЕ МИРА

Торф на Кубе. <i>А. С. Оленин, И. В. Седов</i> . . . . .	88
Пещерные фосфориты острова Ява. <i>О. В. Нарчешашивили, А. С. Соколов</i> . . . . .	90

## НАЙДЕНО В АРХИВЕ

На заре научного сотрудничества России и США (Первые президенты Национальной Академии наук США и их связи с русскими учеными). <i>М. И. Радовский</i> . . . . .	93
---	----

## ИССЛЕДОВАНИЯ, ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Карадаг (Ископаемый вулкан в Горном Крыму). <i>В. И. Лебединский, А. И. Шалимов</i> (95). Поражение деревьев молнией. <i>В. И. Арабаджи, С. Г. Ходосевич</i> (99). Пектин. <i>Т. К. Гапоненков, Э. И. Проценко</i> (100). Разведение яков (Животноводство в высокогорных районах страны). <i>Е. А. Страдомский</i> (101). «Вечные» культуры инфузорий. <i>В. В. Алпатов</i> (103). Что известно о первых домашних животных Крыма? <i>Е. Л. Дмитриева</i> (104). Водоросли — пионеры лесных гарей. <i>А. В. Веретенников</i> (105).
--

## НОВОСТИ, СОБЫТИЯ, ФАКТЫ

Световая вычислительная машина (67). Премия имени И. М. Губкина (77). Жертвы медицинского
---

бизнеса. *А. Х. Тамбиев* (106). Премия имени С. В. Лебедева (106). Новый радиотелескоп (106). Открытие новой элементарной частицы (107). Инфразвукография (108). Переселение камбалы (108). Насекомые и ультразвук. *Э. Л. Понизовский* (109). Математика танца пчел (109). Геофизические исследования в период МГСС (110). Возможна ли жизнь на Юпитере? (111). Атеросклероз лососей (111). Зимние луговые травы (111). Новые гипотезы о Луне. *Д. А. Франк-Каменецкий* (112). Конгресс по защите растений (112). Освоение морских глубин (112). Типы хромосферных вспышек (112). Нуклоны и пионы (113). Металлы в «рубашке» (113). Змеи и вечная мерзлота. *Н. Н. Карпов* (113). Приразломные складки Пальмирид. *Е. Д. Сулиди-Кондратьев* (114). Сумчатый волк в Тасмании (114). Биохимия микроэлементов (115). Кость как двухфазный полимерный материал (115). Вращение Земли и циркуляция атмосферы (116). Дальние миграции осетров (116). Лекарствования — болезнь XX века (116). Поляризация космического радиоизлучения (117). Клубни картофеля в растворе минеральных удобрений. *Н. А. Грошев* (117). Верхом на сивуче. *Г. А. Нестеров* (117).

## ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ

Опухолевидные образования на ветле. *Ю. Б. Синадский* (85). Причуды Малого Лужьяра. *И. Н. Ковлер* (92). Черная златка. *А. С. Жуков* (118). Южнославяцкий карст. *Станислав Хабера* (119).

## КНИГИ

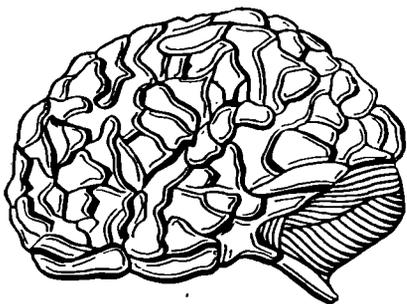
Взволнованный разговор о родной природе. *А. И. Шерельман* (120). Книга о великом научном содружестве. *А. П. Капица* (121). Популярная литература по геологии и географии. *К. Ф. Петров* (123). Путешествие натуралиста. *В. В. Никольская* (124). Коротко о книгах. (47, 53, 63).

## ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

Бактерии и урожай. <i>Т. А. Калининская</i> . . . . .	125
---	-----

## КАЛЕНДАРЬ ПРИРОДЫ

Снежный покров. *Е. А. Нефедьева* (126). Полоса теплых зим. *А. П. Моисеев* (127). Метелл. *Н. И. Орлов* (127).



# Моделирование мыслительных ПРОЦЕССОВ

**В. М. Глушков**

Академик АН УССР (Киев)

*Моделирование сложных мыслительных процессов — одна из самых увлекательных и вместе с тем самых сложных проблем кибернетики. Интерес к этой проблеме вызван двумя обстоятельствами. Во-первых, переход от простого наблюдения работы мыслительного аппарата человека к его активному моделированию позволит гораздо быстрее раскрыть многие тайны, окутывающие и по сей день процесс мышления. Во-вторых, моделирование мыслительных процессов с привлечением современной кибернетической техники служит основой для автоматизации многих видов умственной деятельности человека.*

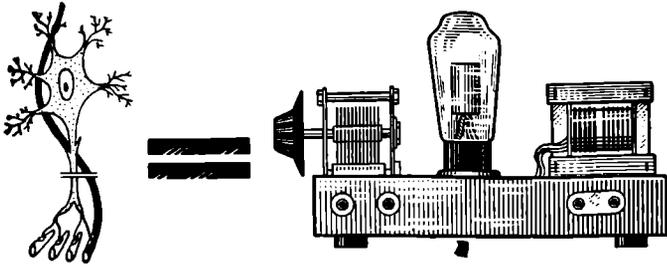
## МОДЕЛЬ МОЗГА

В зависимости от целей, которые преследует моделирование мыслительных процессов, оно может осуществляться разными путями. Различают два основных вида такого моделирования — прямое и косвенное, или феноменологическое.

При прямом моделировании основное внимание уделяется естественному мыслительному аппарату — мозгу человека. Моделирование собственно мыслительных процессов получается при этом как результат моделирования этого аппарата. При косвенном моделировании воспроизводится лишь общий ход течения мыслительного процесса — закономерности перехода от одной мысли к другой. Что же касается способов реализации (внутреннего механизма) таких переходов, то они, как правило, имеют при этом мало общего с действительными процессами, протекающими в мозгу человека.

Биологов, изучающих мыслительный аппарат человека, разумеется, должен интересовать в первую очередь прямой метод моделирования. К сожалению, возможности этого метода в настоящее время весьма ограничены. Дело в том, что информационная

модель нейрона, учитывающая многие известные в настоящее время тонкости его поведения, требует для своей реализации достаточно сложных радиоэлектронных схем. Огрубляя модель, удается снизить сложность соответствующих схем, однако при современном состоянии радиоэлектроники подобное снижение возможно лишь до известного предела. Для приблизительной ориентировки можно считать, что самая грубая модель нейрона имеет такой же порядок сложности, как одноламповый радиоприемник. Но при уточнении модели сложность этих схем более уместно сравнивать со сложностью современных многоламповых приемников и телевизоров. Разумеется, заменяя лампы полупроводниковыми или магнитными элементами, можно существенно уменьшить габариты схем, моделирующих нейроны, однако их сложность (измеряемая количеством используемых в схеме деталей) при этом сохраняет прежний порядок. Относительно высокой остается и стоимость подобного рода моделей. А ведь человеческий мозг состоит не менее чем из десяти миллиардов нейронов! Если стоимость модели одного нейрона принять равной всего 10 коп., то лишь на моделирование всех составляющих его ней-



Грубая модель нейрона может быть представлена приблизительно такой же простой схемой, как одноламповый радиоприемник

ронов пришлось бы затратить миллиард рублей! А ведь в эту сумму не входят еще расходы на сборку и отладку схемы, которые, по-видимому, были бы еще более грандиозными! К тому же в настоящее время далеко не ясно, каким образом должны быть соединены между собой модели нейронов, чтобы образовать систему, действительно моделирующую мозг.

Таким образом, правильно будет, если скажем, что при современном состоянии науки и техники задача прямого моделирования человеческого мозга практически неосуществима. Еще очень многого нужно достигнуть в изучении строения мозга и в создании принципиально новых методов изготовления и монтажа радиоэлектронных элементов, чтобы осуществить моделирование этого сложнейшего и совершеннейшего живого органа. Пока же приходится ограничиваться гораздо более скромными целями, моделируя системы нейронов, состоящие из нескольких десятков или, в лучшем случае, из нескольких сот нейронов.

Следует, однако, отметить, что уже такое, весьма скромное по своим масштабам моделирование может принести большую пользу биологам, изучающим мозг и происходящие в нем процессы на клеточном уровне. Используя модель системы нейронов, биолог может проверять гипотезы, касающиеся закономерностей передачи информации от нейрона к нейрону в различных участках мозга, более детально изучать механизм возникновения и угасания условных рефлексов и т. д.

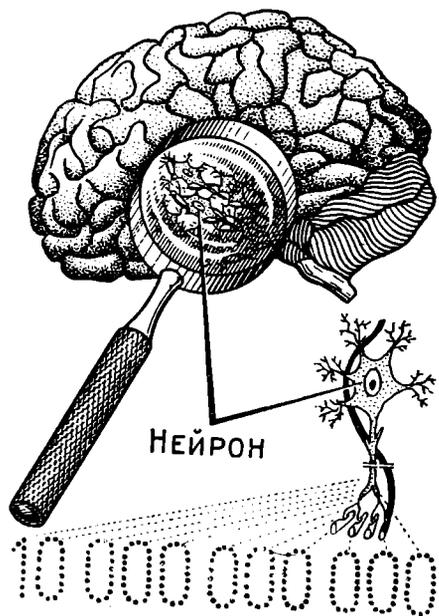
Серьезное препятствие на пути широкого использования биологами методов электронного моделирования нейронов и систем нейронов — относительно высокая стоимость соответствующего электронного оборудования

и необходимость специального персонала для его эксплуатации, ремонта и наладки. Однако в настоящее время эти препятствия можно легко преодолеть, используя универсальные электронные цифровые машины, установленные в вычислительных центрах или в научно-исследовательских институтах. Дело в том, что функционирование любой модели (не только мозга, но и какого угодно другого объекта) можно имитировать при помощи универсальной цифровой машины, составив и введя в нее соответствующую программу. В эту про-

грамму входит цифровое описание модели и условий, в которых она находится, а машина описывает поведение этой модели. От экспериментатора требуется лишь умение составить программу. Искусство программирования вопреки мнению, бытующему среди далеких от математики людей, вовсе не является чем-то непостижимо сложным. Любой человек, имеющий среднее образование, может при желании за несколько месяцев научиться хорошо программировать.

Научившись же этому, экспериментатор получает возможность легко готовить и проводить на универсальных цифровых машинах эксперименты со столь сложными моделями, каких ему никогда не удалось бы создать своими руками. Расходы при таком подходе к моделированию сводятся по существу лишь к оплате машинного времени и не идут ни в какое сравнение с затратами на изготовление аппаратуры, сходной по функциям с моделируемым органом.

К сожалению, биологи все еще крайне недостаточно используют новую мощную технику эксперимента, которая создана благодаря успехам современной кибернетики и вычислительной техники. В частности, многочисленны пока и попытки моделирования на универсальных цифровых машинах отдельных нейронов и систем нейронов, хотя уже первые, пока еще робкие эксперименты, показывают большие возможности, открывающиеся на этом пути. В качестве примеров успешного использования современных электронных вычислительных машин для моделирования элементов мыслительного аппарата человека можно указать следующие факты. В США изучалось поведение системы из нескольких сот связанных между собой относительно грубых моделей нейронов; не-



Мозг человека состоит не менее чем из десяти миллиардов нейронов

давно на одной из вычислительных машин Института кибернетики в Киеве было осуществлено моделирование хотя и одного нейрона, но зато с учетом многих тонкостей его поведения.

Несмотря на огромную принципиальную важность прямого моделирования мыслительного аппарата человека, необходимо отметить, что основой для реальной автоматизации мыслительных процессов в настоящее время могут служить не прямые, а косвенные методы. Причину этого обстоятельства нетрудно понять, если вспомнить, что прямое моделирование, даже при условии использования электронных цифровых машин, может охватить пока элементы, состоящие из нескольких сот или, в крайнем случае, из нескольких тысяч нейронов. Всякий же сколько-нибудь сложный вид умственной деятельности человека использует одновременно гораздо большее число нейронов головного мозга. Да и обязательно ли нужно при автоматизации сложных мыслительных процессов слепо следовать естественному мыслительному аппарату — мозгу человека? История техники знает немало примеров, когда слепое копирование природы не только не двигало вперед технику, но зачастую и тормозило ее развитие. Достаточно

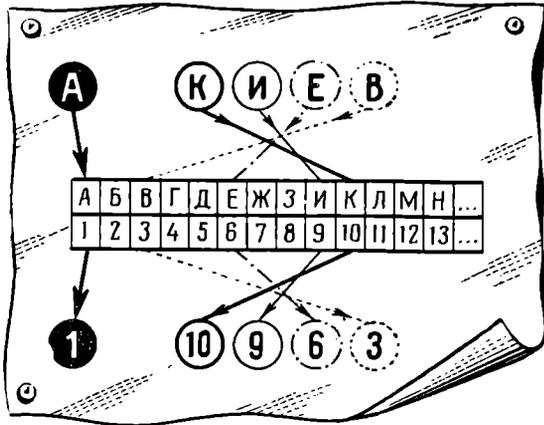
вспомнить, что первые паровозы пытались снабдить «ногами», а на заре авиации много сил и энергии отняли попытки подражать маховым движениям крыльев птиц. Не следует забывать, что материальная основа сегодняшнего моделирования мыслительных процессов — электронные элементы — качественно отлична от материальной основы живых нейронов — живого белка. Механизм же моделирования должен отражать, в первую очередь, специфику его материальной основы. Те формы организации взаимных связей и передачи информации, которые хороши для живых нейронов, вовсе не обязаны быть хорошими для моделирующих их электронных элементов и наоборот.

### АЛГОРИТМ И КОДИРОВАНИЕ

На современном этапе развития кибернетики особое значение приобрели формы автоматизации различных участков умственной деятельности человека, основанные на их так называемом алгоритмическом описании. Понятие алгоритма, возникшее первоначально в математике, приобрело в настоящее время гораздо более универсальное значение. Алгоритмом называют любую конечную систему правил, позволяющих производить однозначное преобразование информации, заданной в обобщенной буквенной форме. Добавление термина «обобщенная» применительно к буквенной информации означает, что речь идет не обязательно о буквах русского, латинского или какого-нибудь другого применяемого для записи лексической информации алфавита. В общей теории алгоритмов рассматриваются обобщенные алфавиты, состоящие из любых индивидуально различимых знаков или символов. Существенно лишь, чтобы общее число различных знаков, составляющих алфавит, было конечным.

Благодаря столь широкому толкованию понятия алфавита, любой вид информации, с которым человек встречается на практике, может быть представлен в (обобщенной) буквенной форме. Процесс такого представления называется обычно кодированием. Термин «кодирование» (или «перекодирование») относят также и к процессу перезаписи при помощи какого-либо алфавита информации, заданной первоначально в одном определенном алфавите.

При кодировании, как правило, стремятся пользоваться алфавитами с относительно



Пример зашифровки буквенной информации цифрами. Каждая буква заменяется ее порядковым номером в алфавите

небольшим числом букв. Например, поскольку общее число различных позиций на шахматной доске конечно, можно было бы кодировать каждую позицию специально отведенным для нее символом — обобщенной буквой. Однако алфавит при этом был бы чудовищно велик. Поэтому на практике, как известно, предпочитают кодировать шахматные позиции при помощи алфавита, состоящего из части букв латинского и русского алфавитов и восьми цифр (от 1 до 8).

Другой пример. Составляя рисунки заданного формата из черных и белых квадратов фиксированного размера, можно получить конечное (хотя обычно и очень большое) число различных рисунков. Однако кодирование рисунков, использующее отдельную букву для каждого рисунка, практически неосуществимо (если только буквами не считать сами рисунки!). Более целесообразно поэтому ввести лишь две различные буквы для обозначения черного и белого квадратиков и кодировать рисунки последовательностями, составленными из этих букв (необходимо, разумеется, предварительно фиксировать порядок обегания рисунка, например, обегание по строкам или по столбцам).

При кодировании информации в обобщенных алфавитах возникает обобщенные слова, т. е. конечные последовательности обобщенных букв. Поскольку знак раздела между словами может быть включен в обобщенный алфавит, то любую конечную последовательность обобщенных слов можно счи-

тать одним словом. Так обычно и поступают в общей теории алгоритмов. Для целей же более естественного моделирования мыслительных процессов целесообразнее представлять себе информацию записанной в виде совокупности отдельных слов.

Имея в виду общность понятия алфавита, фактически любой вид умственной деятельности человека можно представить в виде преобразования буквенной информации. Если при этом к одной и той же входной информации человек всегда относит одну и ту же выходную информацию, а процесс преобразования входной информации в выходную описывается конечным (хотя, быть может, и очень большим) числом правил, то мы имеем дело с алгоритмом.

Пусть, например, мы имеем дело с шахматной игрой, входная информация представляет собой позицию перед очередным ходом, а выходная информация — позицию после выполнения этого хода. Легко понять, что одни лишь правила шахматной игры сами по себе не составляют алгоритма, поскольку они не определяют, вообще говоря, однозначным образом очередной ход. Однако, если дополнить эти правила специальными правилами, позволяющими оценивать различные позиции и выбирать каждый раз наилучший (с точки зрения данной системы правил) ход, то мы получим некоторый алгоритм игры в шахматы. Ясно, что существует не один, а много различных шахматных алгоритмов. Относительно нетрудно строить алгоритмы, моделирующие игру шахматистов низкой и даже средней квалификации. Гораздо труднее описать правила для моделирования игры сильных шахматистов. Эта проблема привлекает в настоящее время внимание целого ряда математиков (особенно в США) и, по-видимому, будет решена в ближайшие годы.

Что же дает алгоритмизация того или иного вида умственной деятельности? Оказывается, что на современном уровне развития кибернетики алгоритмическое описание мыслительного процесса дает, как правило, возможность его моделировать и автоматизировать на базе уже существующих универсальных электронных цифровых машин.

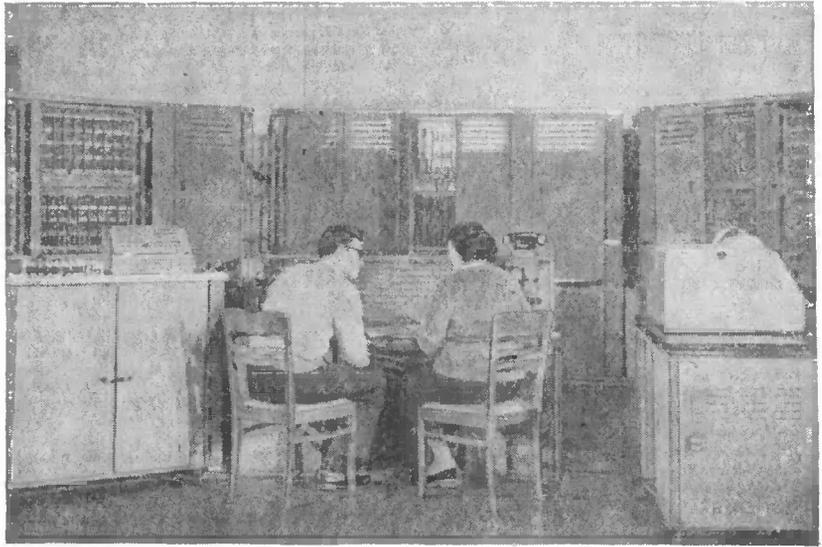
Дело в том, что любую буквенную информацию нетрудно закодировать цифрами (для этого достаточно, например, заметить каждую букву ее порядковым номером в алфавите). После же этого любой алгоритм можно за программировать, т. е.

записать в виде некоторой последовательности команд, выполняемых электронной цифровой машиной. Введя указанную последовательность (так называемую программу) в машину, мы заставляем ее реализовать исходный алгоритм.

Если первый этап автоматизации — алгоритмическое описание процесса — выполнен достаточно тщательно, то второй этап (программирование) представляет собою уже чисто техническую работу, хотя, быть может, и весьма громоздкую. Критерием, позволяющим судить о тщательности выполнения алгоритмического описания, может служить следующий контрольный опыт: если человек, совершенно незнакомый с алгоритмируемым процессом (например, не умеющий играть в шахматы), может без всякой подготовки, руководствуясь лишь описанной системой правил (пусть очень медленно), выполнять этот процесс, то этап алгоритмирования может считаться выполненным удовлетворительно, а соответствующая система правил — подготовленной к программированию. Природа же указанных правил может быть любой: наравне с математическими формулами годятся правила, сформулированные подобно правилам грамматики или правилам уличного движения. Важно лишь, чтобы при пользовании этими правилами не возникало никаких двусмысленностей или неясностей (чего, например, о современных правилах уличного движения полностью сказать нельзя).

### ВОЗМОЖНА ЛИ АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА?

Эффект автоматизации мыслительных процессов определяется прежде всего огромной скоростью и точностью работы современных электронных цифровых машин. Именно благодаря преимуществу в скорости машина оказывается способной выполнить соответствующую работу лучше, чем человек, составивший для нее программу. Например,



Машина «Киев», на которой производились эксперименты по распознаванию осмысленных фраз

при игре в шахматы, благодаря тому, что машина способна просматривать в единицу времени гораздо большее число вариантов, чем человек, она может регулярно обыгрывать составителя введенной в нее шахматной программы.

Возникающий подобным образом эффект кажущегося интеллектуального превосходства машины над человеком дает возможность не просто автоматизировать ту или иную сферу умственной деятельности человека, но и резко поднять производительность труда в этой сфере. Необходимость же в подобном росте производительности труда ощущается сегодня в целом ряде областей умственной деятельности.

Общеизвестными примерами являются научные и инженерные расчеты, техническое проектирование, планирование народного хозяйства, оптимальное управление производственными процессами, диспетчерская и информационная служба. В настоящей статье мы остановимся на другом примере, а именно — на проблеме автоматизации научного творчества.

Речь идет не об автоматизации вспомогательных работ, сопутствующих почти каждому научному исследованию, как например выполнение трудоемких расчетов (это успешно делается уже сегодня), поиск и реферирование необходимой литературы (методы автоматизации этого участка работы успеш-

но разрабатываются и найдут применение в ближайшем будущем). Нас же интересует сам процесс научного творчества и, в первую очередь, — в области точных наук (математики, физики и т. д.).

В качестве примера рассмотрим математику. Процесс научного творчества здесь многогранен. Он включает введение новых понятий, постановку новых проблем, доказательство теорем, построение примеров и контрпримеров и т. д. Выделим из перечисленных задач лишь одну, а именно, — доказательство (или опровержение) уже сформулированных теорем. Существует широко распространенное мнение, что именно эта задача составляет основу научного творчества в области математики. Трудоемкость и сложность этой задачи в общем случае несомненна; если не считать времени, затрачиваемого на ознакомление с литературой, то поиски доказательства или опровержения теорем занимают львиную долю в бюджете времени каждого математика. Существуют примеры, когда на поиски доказательства одной теоремы затрачивались многие десятки лет упорного труда талантливых ученых. Ясно, что резкое увеличение производительности труда при доказательстве новых теорем (основанное на автоматизации) не только заметно ускорило бы темпы научного прогресса, но и дало бы возможность решать такие проблемы, которые «невооруженному» человеческому уму просто недоступны.

В настоящее время, когда автоматизация доказательств делает лишь первые робкие шаги, разумеется, преждевременно говорить о моделировании универсальных способностей доказывать теоремы во всех областях современной математики. Наиболее целесообразно на первых порах выделять относительно узкие области математики и составлять отдельные программы доказательств для каждой из них. Первые шаги в этом направлении уже сделаны. Так, известный математик Хао-Ванг, работающий в настоящее время в США, разработал программу, при помощи которой универсальная электронная цифровая машина за несколько минут доказала около четырехсот теорем из известного труда по математической логике «Principia Mathematica». Эта программа открыла путь к доказательствам и новым, никем ранее не доказанным теорем математической логики. В Институте кибернетики АН УССР ставится на машину программа для доказательства или опровержения про-

извольных теорем относительно корней вещественных полиномов (на основе так называемого алгоритма Тарского).

Положение, однако, осложняется тем обстоятельством, что далеко не для всех областей современной математики оказывается возможным построить универсальные алгоритмы доказательства или опровержения всех теорем, какие только можно сформулировать в рамках данных областей. Отсутствие подобного, так называемого универсального разрешающего алгоритма доказано, например, для арифметики натурального ряда чисел. В силу знаменитой теоремы Геделя, в арифметике натуральных чисел можно сформулировать такие теоремы, которые нельзя ни доказать, ни опровергнуть!

Этот результат кажется на первый взгляд весьма мало обнадеживающим с точки зрения перспектив автоматизации доказательств теорем. Однако в действительности дело обстоит вовсе не так плохо. Дело в том, что и человек не может «запрограммировать» у себя в мозгу (в результате процесса обучения) бесконечное число методов, необходимых для установления истинности или ложности всех теорем в неразрешимых теориях (т. е. в таких теориях, в которых отсутствует универсальный разрешающий алгоритм). В результате даже самый изощренный математик при поисках доказательства теорем в неразрешимых теориях пользуется фактически не универсальными, а частными разрешающими алгоритмами. Хотя эти алгоритмы и не способны дать ответы на все вопросы в рамках рассматриваемой теории, они, тем не менее, на практике дают обычно хорошие результаты. Программируя эти алгоритмы, мы решаем задачу автоматизации доказательств в неразрешимых теориях, если не в принципиальном, то, во всяком случае, в практическом аспекте.

Необходимо подчеркнуть, что механизм получения логических следствий из известных результатов, являющийся основой автоматизации доказательств, хорошо известен и может быть относительно просто запрограммирован. Однако само по себе это не может обеспечить действенную автоматизацию, так как приводит, как правило, к столь большому перебору различных возможных вариантов поиска доказательства, что такой перебор оказывается недоступным даже для современных электронных цифровых машин, выполняющих сотни тысяч операций в секунду. Главная задача в построении доказы-

вающих алгоритмов состоит поэтому в уменьшении перебора на основе более глубокого проникновения в методы математического мышления и особенно той его части, которую принято называть математической интуицией.

Здесь напрашивается аналогия с шахматной игрой. Набор фактов, с которыми математик имеет дело на каждом этапе доказательства теоремы, аналогичен шахматной позиции, а правила логики, при помощи которых выводятся следствия из известных фактов, аналогичны правилам, по которым ходят шахматные фигуры. Придерживаясь одних лишь последних правил, практически невозможно прийти к выигрышу в партии, насчитывающей несколько десятков ходов, точно так же при помощи одних лишь правил логики практически невозможно доказать сколько-нибудь сложную теорему. И в том и в другом случае препятствием на пути к успеху будет необходимость рассмотрения слишком большого числа вариантов. Поэтому приходится ставить промежуточные цели, достижение которых возможно за меньшее число ходов (шахматных или логических соответственно).

В шахматах постановка подобных целей определяется стратегическими правилами, основанными на оценке позиций. Что же касается теории доказательств, то, в отличие от шахмат, соответствующие правила здесь не сформулированы даже в первом приближении.

Потенциальные возможности автоматизации имеются и в других областях научного творчества, в частности, в постановке новых проблем и в построении новых теорий, обобщающих совокупность фактов. Однако в этом направлении сделано пока еще столь мало, что соответствующие проблемы можно считать лишь поставленными.

Несмотря на всю важность чисто алгоритмического подхода к проблеме автоматизации научного творчества, нельзя не отметить известной его узости. Дело в том, что



Сотрудники Лаборатории читающих автоматов в Институте кибернетики АН УССР проводят эксперименты по распознаванию зрительных образов

при таком подходе исключается возможность проявления какой-либо случайности при формировании ответа. Вне рассмотрения оказывается и такое важное свойство мозга, как способность совершенствовать свои ответы в процессе работы, по мере накопления опыта. Можно, однако, так расширить понятие алгоритма, что оно будет включать в себя как алгоритм со случайными переходами, так и самосовершенствующиеся системы алгоритмов. Такие алгоритмы в широком смысле слова могут столь же успешно программироваться и выполняться универсальными электронными цифровыми машинами, как и рассматривавшиеся ранее алгоритмы в узком смысле слова.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Следует отметить одно принципиальное отличие самосовершенствующихся систем автоматизации доказательств от систем, использующих жесткие, неизменные алгоритмы. Если такие системы рассматривать как изолированные, не взаимодействующие с внешней средой, то возможность самосовершенствования не вносит ничего принципиально нового. То же самое будет и тогда, когда воздействия внешней среды на систему могут рассматриваться как результат работы не-

которого алгоритма. В случае же «неалгоритмической» внешней среды положение существенно меняется. Для самосовершенствующейся системы алгоритмов, взаимодействующих с подобной средой, может оказаться возможным, например, доказательство (за бесконечное время) всех истинных теорем какой-либо неразрешимой теории, что заведомо невозможно для любой жесткой системы алгоритмов.

Практически необходимость перехода к самосовершенствующимся системам возникает обычно в том случае, когда трудно найти жесткий алгоритм, решающий заданную проблему, а алгоритм нахождения требуемого алгоритма является хотя и весьма трудоемким, но простым с точки зрения его описания. В таком случае программируется не сам рабочий алгоритм, а алгоритм поиска или уточнения рабочего алгоритма. Задача же фактического нахождения рабочего алгоритма (и последующей работы по нему) поручается при этом машине.

Классический пример подобной ситуации — это задача распознавания зрительных образов. Если попытаться найти алгоритм (систему правил), позволяющий отличать женские лица от мужских, то нетрудно убедиться, что эта простая на первый взгляд задача оказывается в действительности очень сложной. Между тем человеческий мозг относительно легко справляется с этой задачей, но, разумеется, подобная легкость является лишь в результате более или менее длительного процесса приспособления зрительного центра, происходящего в раннем возрасте.

Естественно попытаться моделировать указанный процесс приспособления, основываясь на тех или иных гипотезах относительно механизма подобного приспособления. К настоящему времени предложено много моделей такого механизма. Все эти механизмы в более или менее явной форме используют идею запоминания одного или нескольких изображений каждого класса изображений в качестве эталонов для всех классов. Новые изображения сравниваются с эталонами и в зависимости от их близости к тем или иным эталонам относятся к соответствующему классу.

В Институте кибернетики АН УССР разработана и построена специальная приставка к универсальной электронной цифровой машине — так называемый универсальный читающий автомат. Эта приставка по-

зволяет вводить в машину произвольные рисунки с учетом не только черных и белых полей, но и различных полутонов. Благодаря наличию универсальной цифровой машины становится возможным быстрое моделирование и опробование различных способов распознавания образов, включая системы с самосовершенствованием и самообучением. В настоящее время разработан и испытан целый ряд таких систем. Некоторые из них, например, система, обучающаяся распознаванию геометрических фигур, довольно хорошо имитируют приспособительные функции мозга человека в части такого вида деятельности.

В связи с проблемой обучения распознаванию зрительных образов заслуживает быть отмеченной специальная алгоритмическая схема для решения указанной проблемы, которая была предложена американским ученым Ф. Розенблаттом. Эта система, названная перцептроном, включает в себя, помимо чувствительных элементов (сетчатки), которые воспринимают изображение, некоторое множество довольно грубых моделей нейронов, связанных с сетчаткой случайным образом. Часть входных каналов нейронов являются возбуждающими, а часть — тормозящими. Когда суммарное возбуждение нейрона превосходит его суммарное торможение на некоторую пороговую величину, нейрон возбуждается и передает некоторую величину, называемую весом нейрона, на специальное устройство, суммирующее веса всех подключенных к нему возбужденных нейронов. Таких сумматоров имеется несколько, и нейроны делятся на несколько групп, в соответствии с тем, к какому сумматору они подключены.

Показание каждого сумматора интерпретируется как «степень похожести» показываемого перцептрону изображения на образ (класс изображений), заранее поставленный в соответствие данному сумматору. Специально введенный в схему перцептрона механизм поощрения увеличивает вес тех нейронов, которые возбуждаются изображением, относящимся к тому же образу, что и соответствующий этим нейронам сумматор. В противном же случае вес нейронов уменьшается. В результате моделируется некоторый приспособительный процесс: веса полезных работающих нейронов увеличиваются, а веса нейронов, которые не помогают или даже мешают правильной работе перцептрона, уменьшаются. Продолжая подобный процесс

обучения, можно добиться, чтобы перцептрон научился правильно классифицировать изображения по заранее определенным группам (образам).

Возможен и несколько видоизмененный режим работы перцептрона (называемый режимом самообучения), при котором группировка изображений, к которой нужно стремиться, не задается заранее, а определяется перцептроном в процессе работы.

Проведенное автором настоящей статьи теоретическое изучение работы перцептрона показало, что примененная в нем организация процесса обучения и особенно процесса самообучения далеко не всегда приводит к хорошим результатам. Многие важные черты, свойственные обучению и самообучению человека (применительно к задаче распознавания образов), отражены в схеме перцептрона плохо, либо совсем не отражены. В настоящее время есть возможность гораздо более рационального моделирования тех процессов, на которые был рассчитан перцептрон. Некоторые из этих возможностей уже нашли свое воплощение в реальных программах, разработанных и опробованных в Институте кибернетики АН УССР и в ряде других институтов<sup>1</sup>.

В целом работы по моделированию процессов распознавания образов развиваются в настоящее время достаточно быстрыми темпами. В первую очередь это касается зрительных образов и в меньшей степени — речевых сигналов. А ведь работа по распознаванию такого рода образов составляет значительную долю (хотя и выполняемую обычно бессознательно) работы человеческого мозга, что видно, хотя бы из сравнения объемов зрительного и слухового центров с другими участками мозга.

## ОПЫТЫ ОБУЧЕНИЯ МАШИН

В последнее время идеи самоорганизации и самосовершенствования начинают вторгаться и в процессы моделирования таких видов умственной деятельности, как логическое мышление, обучение языку и т. п. Особый интерес представляют семантические построения, обеспечивающие автоматизацию распознавания смысла и обучения такому распознаванию. Опыты такого рода

<sup>1</sup> См. В. Д. Глезер, И. И. Цуккерман. Образ и зрительная система, «Природа», 1962, № 10, стр. 14.

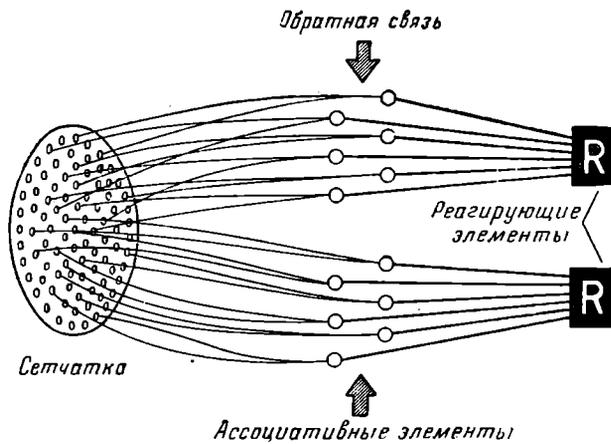


Схема работы перцептрона

были успешно проделаны в Институте кибернетики АН УССР в Киеве.

Первоначальная идея автора настоящей статьи, положенная в основу автоматизации процесса обучения распознаванию смысла фраз, состояла в следующем. Предположим, что рассматриваются лишь такие фразы, которые имеют простейшую грамматическую конструкцию, а именно: подлежащее — сказуемое. Пусть далее дан какой-либо набор существительных и глаголов, из которых будут составляться подобные фразы. Первоначально некоторый набор фраз указанного типа составляется человеком (учителем), причем при их составлении ограничиваются лишь такими фразами, которые по мнению учителя имеют смысл. Эти фразы одна за другой вводятся в машину и запоминаются ею.

Процесс запоминания организован таким образом, что вначале машина осуществляет «голую зубрежку» осмысленных фраз, т. е. запоминает их без всякого изменения. Однако при известных условиях характер запоминания изменяется. Это происходит тогда, когда число фраз с одним и тем же сказуемым превосходит некоторую фиксируемую заранее величину — так называемый коэффициент терпения.

Пусть, например, коэффициент терпения равен двум, а машине после двух осмысленных фраз «профессор думает» и «студент думает» была сообщена новая осмысленная фраза «мальчик думает». В таком случае машина, вместо того чтобы зазубривать эту новую фразу, вводит по-

вое понятие для обозначения класса всех думающих и запоминает, что профессор, студент и мальчик относятся к этому классу.

Подобная перестройка характера запоминания не приводит пока еще к появлению у машины каких-либо новых сведений о множестве всех осмысленных фраз по сравнению с тем, что сообщил ей учитель. Принципиально иной эффект достигается введением нового процесса, называемого процессом экстраполяции осмысленности. Этот процесс также управляется неким коэффициентом, называемым коэффициентом осторожности. Для того чтобы понять сущность указанного процесса, предположим, что коэффициент осторожности равен двум, а машиной уже образован класс думающих. Если теперь машине сообщить, что два каких-либо представителя класса думающих, скажем, профессор и мальчик, могут также говорить, то машина экстраполирует заключение, что все думающие являются вместе с тем и говорящими. В результате машина делает правильный вывод, что фраза «студент говорит» является осмысленной фразой, хотя бы она и не содержалась в числе осмысленных фраз, на которых было проведено обучение машины.

Разумеется, в результате описанного процесса экстраполяции осмысленности, машина может прийти и к неверным выводам. Если бы, скажем, в уже рассмотренном примере первоначальный класс был бы образован не по признаку сочетаемости с глаголом «думать», а по признаку сочетаемости с глаголом «стоять», то в результате процесса экстраполяции машина пришла бы к неправильному заключению, что все стоящие являются вместе с тем и говорящими.

Чтобы уменьшить число подобных ошибок, перед экстраполяцией машина составляет предварительно несколько фраз с глаголом «говорить», выбирая существительные (подлежащие) из класса стоящих случайным образом. Сообщив эти фразы учителю, машина спрашивает, осмысленны ли они? И лишь получив на этот вопрос утвердительный ответ, машина производит экстраполяцию.

На основе описанной идеи в Институте кибернетики АН УССР была построена программа для вычислительной машины «Киев», при помощи которой были проведены опыты по обучению машины смыслу фраз не только простейшей, но и более сложной грамма-

тической конструкции. Во время этих опытов машина сама создавала понятия «человек», «мебель» и др.

Интересно отметить, что, меняя значения некоторых параметров (аналогичных описанным выше коэффициентам терпения и осторожности), введенных в программу, удается моделировать самые различные темпоранты и типы обучения — от голой зубрежки до склонности к крайне поспешным выводам и заключениям. Впрочем, оба этих крайних случая приводят к замедлению процесса обучения (в первом случае из-за отсутствия экстраполяции, а во втором — из-за частых ошибок и вызываемой ими необходимости перестройки классов). Существуют (находимые пока опытным путем) наилучшие значения указанных коэффициентов, при которых процесс обучения происходит в среднем наиболее быстро. Эти значения, впрочем, сильно зависят от первоначального набора слов, из которых строятся фразы.

Из-за небольшого объема памяти машины «Киев» опыты по обучению проводились с весьма бедным словарем, насчитывающим всего около ста слов. При наличии существенно большей памяти дальнейшее развитие описанных принципов может привести к построению программ для обучения машины тому или иному человеческому языку с учетом не только его синтаксиса, но и семантики.

Для изучения возможностей самоорганизующихся систем большой интерес имеют опыты по моделированию биологической эволюции. Опыты такого рода были проделаны в Институте кибернетики АН УССР на универсальной электронной цифровой машине «Киев». Моделировался некоторый весьма просто устроенный «мир», в котором действовал «закон природы», управлявший перемещением «пищи» из одних участков этого «мира» в другие. Обитающие в описанном мире «живые существа» моделировались в виде программно реализованных автоматов.

Каждый автомат снабжается двумя счетчиками — счетчиком «жизни» и счетчиком «голода». Первый счетчик отсчитывает число моментов времени, прошедших со времени «рождения» автомата, а второй — число моментов времени, отделяющих автомат от последнего момента, когда автомат находился на участке пространства, снабженном «пищей». При достижении счетчиком «жизни»

или счетчиком «голода» некоторых определенных заранее значений автомат «умирал», т. е., попросту говоря, исключался из дальнейших рассмотрений.

Перемещения автомата в «мире» определялись его состояниями, а переход автомата из одного состояния в другое осуществлялся в зависимости от состояния ближайших к нему участков «мира» (т. е. от наличия или отсутствия в них «пищи» и других автоматов). Специальная матрица, управляющая подобными переходами, первоначально задается случайно, а впоследствии испытывает еще небольшие случайные изменения («мутации») в процессе «размножения» автоматов. Был выбран простейший вид размножения путем деления, причем одна из образовавшихся половинок полностью наследовала структуру исходного автомата, а со второй происходило то же самое, за исключением случайной мутации в матрице переходов. Момент деления определялся подходящим «возрастом» автомата (показанием его счетчика «жизни»), относительно малым показанием счетчика «голода» и наличием свободных соседних ячеек для вновь образующихся в результате деления автоматов.

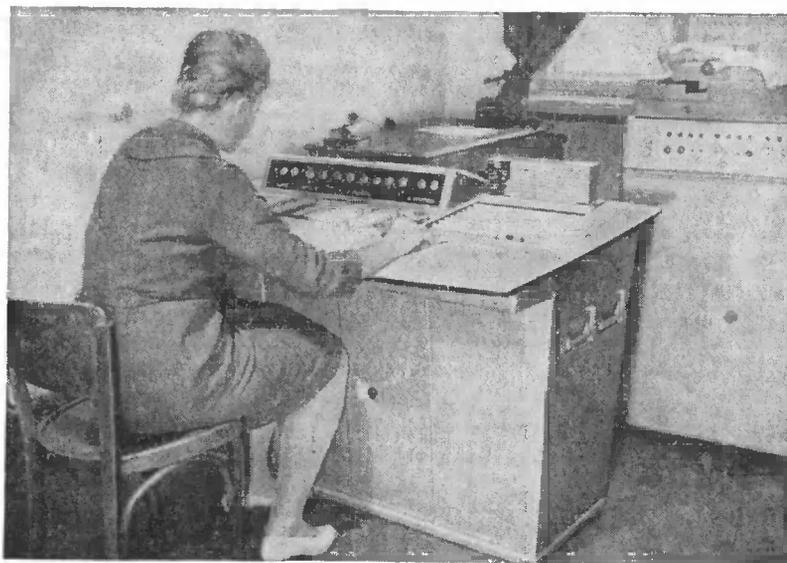
В результате проведенных опытов имитировался процесс естественного отбора и приспособления автоматов к выбранному «закону природы». Этот процесс может быть при желании интерпретирован так же как

процесс «познания» коллективом автоматов соответствующего «закона природы», ибо в результате естественного отбора возникают автоматы, в структуре матрицы переходов которых все более и более отражается выбранный «закон природы».

Принципиально не видно никаких ограничений для того, чтобы с помощью подобных моделей, использующих крайне простую исходную структуру автоматов, но весьма сложный процесс развития «природы», можно было бы получить весьма высокие формы приспособления к указанному процессу (вплоть до возникновения и совершенствования моделей человеческого сознания и сознательной человеческой деятельности)<sup>1</sup>.

И все же в настоящее время сделаны лишь первые шаги в построении общей теории самоорганизующихся систем, как основы моделирования мыслительных процессов. Несомненно, что успехи этого направления в будущем помогут объяснить многие загадки мышления и создадут прочную базу для автоматизации сложных мыслительных процессов.

<sup>1</sup> Более подробные сведения об описанных выше работах Института кибернетики АН УССР содержатся в сборнике «Принципы построения самообучающихся систем», в совместных статьях автора с В. А. Ковалевским и В. И. Рыбаком, с Н. М. Грищенко и А. А. Стогнием, а также в статье А. А. Летичевско-го и А. А. Дородницыной.



За пультом электронной машины «Промынь», предназначенной для автоматизации инженерных расчетов

# ЖИЗНЬ во Вселенной

Академик А. И. Опарин

## ТРИ ПРОБЛЕМЫ МИРОЗДАНИЯ

В течение многих веков три проблемы привлекают к себе человеческий ум — это, во-первых, сущность жизни, того, что отличает все живые существа от объектов неорганического мира; во-вторых, — происхождение жизни, пути ее возникновения и развития и, наконец, в-третьих, распространение жизни во Вселенной и связанное с этим понимание того места, которое занимает человек в бесконечном пространстве и времени. Все эти проблемы неразрывно связаны между собой и могут разрешаться только совместно, на основе общего единого принципа.

Для идеализма и, в частности, для религиозных учений, таким принципом является примат духа над объективной реальностью, над материей. Последняя с указанных позиций признается безжизненной и косной. Она служит лишь материалом, из которого душа (или дух) создает живые существа, придает им форму и целесообразность строения, способность к движению и дыханию, вообще делает их живыми. В этом духовном, не постигаемом опытным путем начале, «открытом только в сознании человека», и заключается будто бы самая сущность жизни. Это начало вечно, поэтому нельзя говорить о возникновении самой жизни как таковой, а лишь о появлении отдельных живых существ. Согласно религиозным представлениям разнообразные организмы, животные и растения возникли в том, примерно, виде, как мы их наблюдаем и сейчас, в результате воздействия духовного начала, в результате творческого акта божества. Человек — венец творения, недостижимое совершенство, созданное по образцу и подобию божьему. Он — центр и «средоточие Вселенной». Для него мерцают звезды, восходит и заходит Солнце, для него благоухают цветы и при-

носит свои плоды Земля. Поэтому он одинок во Вселенной, неповторим в пространстве и во времени. Эти воззрения, естественно, импонируют тщеславному эгоцентризму человека. Однако им был нанесен сокрушительный удар уже тогда, когда Земля, а затем и Солнце были смещены наукой с их центрального или даже просто значительного положения в звездной Вселенной. Человек сейчас вынужден мириться с фактом, что он находится не в центре мироздания, а на его периферии и движется вместе с нашей довольно заурядной звездой — Солнцем — на окраине, по внешней части Галактики, которая сама лишь одна из множества галактик, включающих миллиарды звезд. И даже у себя на Земле человек должен признать свое родство со всем остальным живым миром, который сам лишь малая часть нашей маленькой планеты. Может быть, кому-нибудь это покажется обидным для величия человека, но как бы то ни было при тех сведениях, которыми мы располагаем сейчас, мы не можем вернуться к космологическим теориям Моисея или Паскаля. Возврата к прошлому нет. Впредь мы принуждены жить, считаясь с современными научными достижениями. «Как бы ни было сильно желание, — пишет Х. Шепли, — мы не можем оживить дорогие сердцу мертвые гипотезы — они умерли навсегда»<sup>1</sup>. Величие человека нужно видеть не в его ложных эгоцентрических посягательствах, а в его способности познать грандиозность Вселенной, неотъемлемым звеном закономерного развития которой он является.

Материя, та объективная реальность, которую мы наблюдаем и опытным путем изучаем, находится в постоянном движении, и это движение нельзя рассматривать только как перемещение материальных тел в про-

<sup>1</sup> Х. Шепли. Звезды и люди, ИЛ, 1962, стр. 21.

странстве. Наряду с такой механической, наиболее простой формой движения, материи присущи и другие, более сложные формы, которые возникают в процессе ее развития как новые качества. Это возникновение нового из старого закономерно необходимо. Там, где одинаковые объекты развиваются в одинаковых условиях, всегда неизбежно, с естественной закономерностью возникают одинаковые качества, сходные формы движения.

Но, конечно, развитие материи не может осуществляться одновременно и одинаково во всем мире. В разных пунктах Вселенной, на разных объектах нашего звездного мира оно происходит различными путями и в различных темпах. Поэтому можно думать, что в беспредельных пространствах Вселенной существует множество весьма разнообразных, сложных (в ряде случаев и совершенных) форм движения материи, о которых сейчас мы даже не подозреваем. Для нашего земного мира мы можем установить три основные стадии развития материи — неорганическую (абиогенную), биологическую и социальную.

Жизнь, таким образом, материальна по своей природе, но она не есть неотъемлемое свойство всей материи вообще. Это особая, очень сложная и совершенная форма движения материи, которая отсутствует в неорганическом мире, но возникает как новое качество всякий раз, как для этого создаются надлежащие условия. У нас на Земле жизнь возникла лишь на определенном этапе существования нашей планеты в результате совершившегося на ней закономерного развития материи. Сейчас жизнь представлена здесь громадным разнообразием отдельных индивидуальных систем-организмов, которые при всем своем разнообразии, однако, обладают общими, характерными для жизни качествами, отсутствующими у объектов неорганического мира.

Главное в познании сущности жизни заключается в установлении и изучении ее качественных отличий от других форм движения материи. Среди этих отличий особенно ярко представлена так называемая целесообразность организации всего живого — приспособленность любого организма, как целого, к условиям его существования и приспособленность строения отдельных его частей — молекул, клеточных структур и органов к выполняемым ими функциям. Эта приспособленность может быть понята

только на основе эволюционного принципа, только путем познания возникновения и развития жизни как особой формы движения материи.

## ВНЕ ЗЕМЛИ

Очень часто (можно сказать, обычно) наши суждения о возможности внеземной жизни, о тех ее проявлениях, с которыми мы можем встретиться в мировом пространстве и на других небесных телах при наших космических путешествиях, базируются только на изучении данных о физических и химических условиях, существующих в настоящее время на этих телах. Получив тем или иным путем эти данные, мы пытаемся представить себе, могли ли бы в этих условиях существовать какие-нибудь из наших земных организмов, и отсюда делаем вывод о возможности или невозможности жизни на данном небесном теле. Однако несовершенство, недостаточность такого метода решения проблемы о жизни во Вселенной очевидно: конкретные формы жизни суть производные тех внешних условий, в которых они возникают и развиваются. Внешняя среда формирует организмы, создавая исключительно совершенные и весьма сложные системы адаптации. Если бы на нашей планете фактически не существовало жизни вне океана (наземных растений и животных), то теоретически представить себе возможность такой жизни было бы крайне трудно. Выражаясь фигурально, с точки зрения медузы или морской водоросли, жизнь на суше представляется совершенно невозможной, полным абсурдом. Наземная жизнь могла возникнуть только на определенной стадии развития органического мира, только тогда, когда организмы в процессе длительной эво-





люции сформировали в себе сложнейшие приспособления для постоянного водоснабжения своих тканей или даже целую согласованную систему органов кровообращения, дыхания, пищеварения и выделения, теоретически «выдумать» которую вряд ли было бы возможно, если бы ее не существовало на самом деле.

Однако не только условия внешней среды формируют организацию живых существ, но и, наоборот, организмы в той или иной степени изменяют среду своего

обитания. Иногда это происходит в таких больших общепланетных масштабах, что это изменение может быть доступно для внешнего наблюдателя. Так, например, состав нашей земной атмосферы есть результат жизнедеятельности организмов, в частности результат фотосинтеза, осуществляемого зелеными растениями. В этом случае такого рода влияние организмов на внешнюю среду могло бы быть констатировано разумным наблюдателем с другой планеты.

Но в ряде случаев изменение внешней среды организмами может носить местный характер, и у внешнего наблюдателя может сложиться впечатление, что живые существа обитают в совершенно неприемлемых для них условиях.

Чем выше на эволюционной лестнице стоит данный организм, тем в большей степени он обладает способностью локально приспособлять к себе среду обитания. Исключительное место в этом отношении занимает человек. Конечно, те физические и химические условия, которые мы можем констатировать на Луне, ни в какой мере не подходят для обитания на ней человека. Но мы ни на минуту не сомневаемся в том, что человек в скором времени побывает на Луне, как это уже имело место для космического пространства, где физические условия так же совершенно не подходят для жизни человека. Решение проблемы о жизни во Вселен-

ной заключается не только в том, чтобы представить себе, могут или не могут живые существа обитать на данном небесном теле при господствующих на нем сейчас условиях, а скорее в том, чтобы установить, могла ли на этом теле в процессе его эволюции возникать и развиваться та сложная форма движения материи, которую мы называем жизнью. Любое небесное тело, и в частности любая планета, эволюционирует в течение всего своего существования, и условия, которые мы находим на ней сейчас, отнюдь не вечны. На определенном этапе существования планеты на ней могли создаваться условия благоприятные для возникновения жизни, которая затем развивалась, постепенно адаптируясь к изменяющимся условиям. Так, например, можно предполагать, что в отдаленные времена Марс был богаче водой, чем сейчас, и это, конечно, создавало достаточно благоприятные условия для возникновения на нем жизни, которая затем могла развиваться весьма своеобразным путем и в суровых (с земной точки зрения) условиях современного марсианского климата.

Таким образом, наши суждения о возможности внеземной жизни и о ее конкретных формах должны быть неразрывно связаны с изучением общего процесса развития материи. Сейчас стало совершенно очевидным, что возникновение жизни у нас на Земле не было какой-то «счастливой случайностью», как это думали еще недавно. Возникновение жизни — это неотъемлемая составная часть общего, закономерного протекающего процесса развития Вселенной, где каждый последующий этап неразрывно связан с предыдущим и может быть понят только в свете изучения этого предыдущего этапа.

Конечно, стремясь охватить единым взглядом общую картину развития Вселенной от эволюции элементов и до возникновения мыслящих живых существ, мы должны ясно отдавать себе отчет в том, что эта эволюция не представляет какую-то единую прямую линию. На разных небесных объектах она должна была совершаться различными путями, хотя всюду в основе эволюции лежало возникновение все новых, все более сложных и совершенных форм движения материи.

Таким образом, эволюцию материи во Вселенной мы можем схематически представить себе как систему расходящихся пу-

тей, отдельные ответвления которых могут приводить к очень сложным и совершенным формам движения материи. Но абсолютно не обязательно любую из этих форм рассматривать как жизнь. Жизнь — это всего лишь одна из многочисленных ветвей развития материи. Ей свойственны свои специфические пути развития, на которых мы и должны сосредоточить свое внимание. Это путь эволюции углеродистых соединений, начальные стадии которого весьма универсальны и могут быть констатированы для весьма разнообразных небесных тел. Однако и здесь более поздние этапы развития могут и должны были очень сильно изменяться в зависимости от тех конкретных условий, которые складывались на данном небесном теле.

### СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ

У нас на Земле мы можем, конечно, весьма условно наметить три основные стадии эволюции органических соединений, приведшие в конечном итоге к возникновению жизни на нашей планете. Прежде всего — это возникновение наиболее примитивных органических соединений — углеводов и цианидов, а также их ближайших кислородных, азотистых, серпистых и фосфористых производных, обладающих сравнительно небольшим молекулярным весом. Второй этап — это дальнейшее усложнение этих соединений, связанное с последовательным увеличением их молекул путем полимеризации и конденсации органических веществ в водах первичных морей и океанов. В результате второго этапа эти воды превратились (как это принято говорить сейчас) в «первичный питательный бульон» — в абиогенно возникший водный раствор весьма сложных и разнообразных органических соединений, среди которых могли присутствовать соединения, аналогичные белкам, пурпуриновым кислотам и т. д. Наконец, третий этап — это формирование в земной гидросфере многомолекулярных систем, возникающих путем объединения различных

высокополимерных органических веществ в надмолекулярные комплексы, отделенные от окружающей среды определенной границей раздела, но способные взаимодействовать с этой средой по типу открытых систем.

Это взаимодействие осуществлялось путем сочетания определенных реакций (окислительно-восстановительных, сопрягающих и полимеризующих), приводящих в своей совокупности к росту систем и к увеличению их числа путем простого дробления. В результате возникшего на этой основе естественного отбора таких размножающихся систем постепенно сформировался обмен веществ, а также внутримолекулярная и надмолекулярная структуры, весьма совершенно приспособленные к осуществлению жизненных функций, к постоянному самосохранению и самовоспроизведению всей системы в данных условиях внешней среды. Такого рода системы и явились исходными живыми существами нашего земного мира. Путем последовательной эволюции они дали начало возникновению всего разнообразия жизни на нашей планете.

### ЭВОЛЮЦИЯ НА ДВУХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛАХ

Понятно, что подобного рода эволюция органических веществ могла в той или иной мере осуществляться и на других небесных телах. Однако характер отдельных стадий, их сочетание и последовательность должны были очень сильно меняться в зависимости от конкретных условий, которые создавались в процессе эволюции каждого данного





небесного тела. При этом в любом приведенном мною для Земли звене процесса могло происходить его разветвление, он мог замедляться, останавливаться на определенной стадии или идти по совершенно иным путям. Так, например, низкомолекулярные углеводороды могли сразу полимеризоваться без присоединения других элементов, образуя скопления определенного органического вещества наподобие залежей горного вос-

ка. Это могло произойти и на стадии «первичного бульона», и в особенности много возможностей для изменения процесса развития создавалось при формировании обмена веществ и последующей эволюции живых существ.

Подвергая сравнительно-биохимическому изучению общую сетку обмена веществ у различных представителей современного мира и отдельные составляющие ее цепи и циклы сочетающихся между собой ферментативных реакций, мы можем убедиться в том, что некоторые из них исключительно древние. Они, очевидно, возникли в самом процессе становления жизни, тогда как другие представляют собою лишь дополнительные надстройки на старых механизмах обмена и сформировались значительно позднее первых. Некоторые из указанных древнейших механизмов поразительно универсальны для всего живого мира; они свойственны всем без исключения современным организмам; это значит, что они сохранились как совершенно обязательные для жизни сочетания реакций на протяжении многих сот миллионов, а может быть, и миллиардов лет. И это несмотря на то, что с чисто химической точки зрения такие же результаты (энергетические и функциональные) могут быть успешно получены и на основе иного сочетания и иной последовательности реакций. Зная жизнь

только, так сказать, в «единственном экземпляре», только нашу земную жизнь, возникшую и развивавшуюся в строго определенных условиях, мы, конечно, не можем ответить на вопрос, является ли данная форма организации обмена совершенно обязательной для жизни вообще или она только отражает собою те условия, при которых возникла и сейчас сохраняется как своеобразный реликт даже в том случае, если эти условия изменились. Так, например, в основе энергетического обмена всех без исключения земных живых существ лежат процессы анаэробного распада органических соединений, но у организмов, способных к дыханию, они дополнительно усложнены более поздними надстройками, позволяющими этим организмам весьма рационально использовать свободный кислород, которым так богата современная атмосфера. Если бы жизнь формировалась в условиях такой окислительной атмосферы, существование анаэробных механизмов обмена выглядело бы совершенным абсурдом: в этих условиях должна была бы складываться иная система обмена веществ.

Как мы можем представить себе пути эволюции углеродистых соединений на других небесных телах помимо Земли?

## ПЕРВЫЙ ЭТАП ЭВОЛЮЦИИ

Первый из этапов этой эволюции исключительно универсален и имеет место даже на тех небесных телах, которые по своему генезису принципиально отличаются от нашей планеты, например звезды или облака холодной межзвездной газопылевой материи. Хотя характер развития этих небесных объектов совершенно отличен от развития планет, мы на всех них можем констатировать присутствие абиогенно возникающих углеводов.

Значительный интерес в этом отношении представляют планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн и др.). Пути их формирования глубоко отличаются от путей формирования планет земного типа. Но и на них обнаружены углеводороды, в частности метан, а по некоторым данным там могут быть и более сложные углеводородные соединения.

Таким образом, первый этап эволюции углеродистых соединений исключительно универсален, и при самых разнообразных условиях эволюции мы имеем всюду возник-

новение углеводородов и их простейших производных. Следовательно, тот исходный углеродистый материал, который был необходим для возникновения как нашей земной жизни, так и ее аналогов на других небесных телах, есть повсюду и его отсутствие не может служить препятствием для формирования жизни; весь вопрос сводится к тому, как этот материал эволюционировал дальше на том или ином небесном теле.

### ВОЗНИКНОВЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

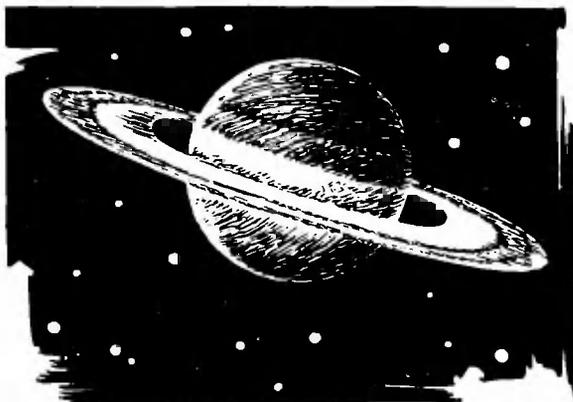
Возможность осуществления второго из названных мною этапов эволюции органических веществ гораздо более ограничена и доступна лишь некоторым небесным телам. На Земле характерная для этого этапа полимеризация протекала в условиях водной среды, но она могла осуществляться иными путями и в иных условиях.

В настоящее время из неземных объектов непосредственному химическому анализу доступны лишь метеориты. Очень важно, что в составе некоторых метеоритов, а именно так называемых углистых хондритов, удалось установить присутствие высокомолекулярных углеводородов и их кислородных и сернистых производных. Ряд авторов утверждает, что эти вещества очень близки к тем полимерам, которые мы находим на Земле в организмах, и даже высказывает предположение об их биогенном происхождении.

Сейчас нет никакого сомнения в том, что такого рода вещества легко возникают и в абиогенных условиях при полимеризации, идущей чисто химическим путем. Поэтому прежняя точка зрения, что эти вещества обязательно представляют собой продукты распада организмов, не выдерживает критики.

Кроме метеоритов, на возможность второго этапа эволюции указывает присутствие полимерных органических веществ и на поверхности планет земного типа. Очень интересны в этом отношении наблюдения над сезонным изменением темных областей Марса, которые трактуются многими авторами, как присутствие на этой планете органических полимеров.

Высказываются также положения об обязательном присутствии органических полимеров и на нашем спутнике — Луне.

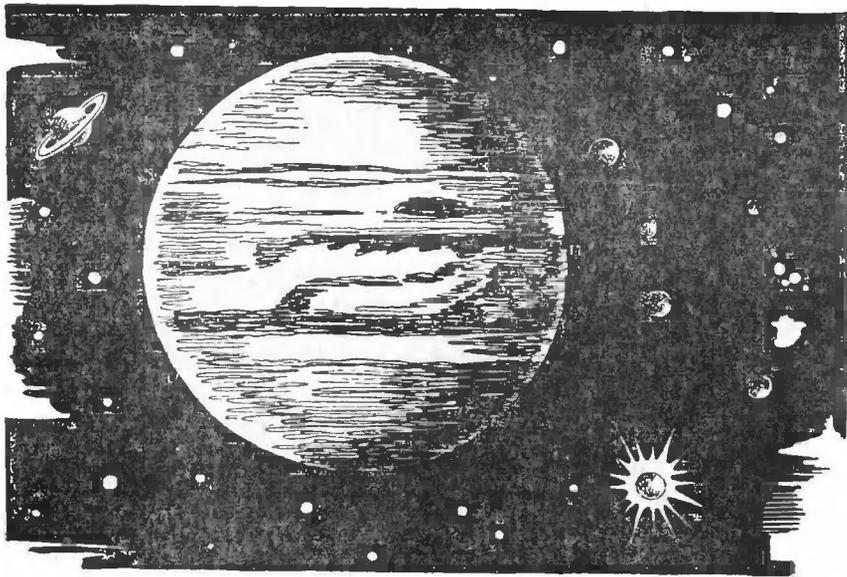


В частности, К. Саган (США) на основании своих исследований и теоретических соображений высказывает мнение о большом количестве этих веществ, которое должно было образоваться на Луне в прошлом, а также могло быть занесено на Луну падающими на ее поверхность метеоритами. Саган предполагает, что под внешним рыхлым слоем вулканического пепла и метеоритной пыли, примерно на глубине 10 м, на Луне лежит слой органических высокополимерных веществ, мощность которого исчисляется им довольно большой цифрой, равной примерно  $10 \text{ г/см}^2$ .

На основании этого высказываются даже пожелания, чтобы при полетах на Луну человек (или специальный робот) был снабжен приспособлением для более или менее глубокого бурения, чтобы можно было исследовать не только верхний слой лунной почвы, но и более глуболежащие слои, которые могут содержать большое количество сложных высокомолекулярных органических веществ.

### КОНЕЧНЫЙ ЭТАП

Трудно, конечно, сказать, как мог осуществляться третий из названных мною этапов эволюции на пути к возникновению жизни во внеземных условиях. Как мы видели, первый этап чрезвычайно универсален, второй, по-видимому, мог осуществляться в пределах нашей солнечной системы на планетах земного типа и на метеоритах. Менее вероятен он для больших планет, где если и осуществлялся, то лишь в очень своеобразных условиях. Сложнее всего обстоит дело в отношении третьего этапа. Как мог происходить этот конечный этап эволюции



органических веществ на других небесных телах, помимо Земли? На нашей планете он, безусловно, требовал присутствия воды — обширной первичной гидросферы. При тех «сухих» условиях, которые существуют сейчас, например на Луне или на Марсе, этот процесс был бы, конечно, очень сильно затруднен.

В отношении этого третьего этапа можно, прежде всего, обратиться к исследованию углистых хондритов, как единственному наземному объекту, который мы можем непосредственно исследовать. За последнее время в научной литературе появился ряд сообщений об обнаружении в углистых хондритах структурных образований, которые трактуются как остатки организмов, когда-то обитавших на метеоритной материи (на самих метеоритах или на тех телах, из которых они возникли). Однако происхождение этих образований нуждается в очень детальном изучении. Согласно последним данным, эти образования не обязательно связаны с организмами, они могут возникать в определенных условиях неорганическим путем.

Образование из высокополимерных органических веществ чисто абиогенным путем структур, иногда весьма совершенно имитирующих живые формы, за последнее время было продемонстрировано в многочисленных опытах. Такого рода явления весьма вероятны и в метеоритном материале. Напротив, представить себе пути возникновения на ме-

теоритах организмов крайне трудно. Для этого Г. Юри (США) был вынужден высказать совершенно парадоксальное предположение, согласно которому предки метеоритных организмов зародились первоначально на Земле, затем вместе с водами океана были вынесены в межпланетное пространство, попали на Луну и потом с метеоритами вернулись обратно на Землю!

С астрономической точки зрения это единственный путь объяснения возможности возникновения организмов на метеоритном материале, так как на метеоритах нет осадочных пород, которые обязательно должны были бы быть, если бы на них существовала

необходимая для образования организмов водная среда.

#### ЕСТЬ ЛИ ЖИЗНЬ НА МАРСЕ И ВЕНЕРЕ?

Весьма затруднительно представить себе возникновение конечного этапа образования жизни и на Марсе в тех условиях, которые существуют на этой планете сейчас. Неблагоприятны в этом отношении и низкая температура поверхности, и очень разреженная атмосфера с очень малым содержанием в ней воды. Однако ряд авторов допускает, что в прошлом на Марсе существовала гидросфера, может быть, не такая обширная, как на Земле, но все-таки представленная какими-то ограниченными водными пространствами. Поэтому эволюция органических веществ и возникновение жизни на этой планете могли проходить по земному типу. Со временем физические условия на Марсе и на Земле сильно разошлись: Марс очень быстро терял свою атмосферу и воду, которая исчезла вследствие разложения ее ультрафиолетовым светом и улетучивания продуктов распада. Поэтому на Марсе создавались все более и более сухие условия, и сейчас, хотя на нем существуют пары воды, количество ее совершенно несравнимо с тем, что мы имеем на Земле. Поэтому дальнейшая эволюция жизни на Марсе (если жизнь на нем когда-нибудь возникла) должна была протекать иными путями, чем на Земле. Но это не исключает возможности существования своеобразной



жизни на этой планете в настоящее время.

Скорее всего, согласно тем физическим условиям, которые мы сейчас обнаруживаем на Марсе, жизнь на нем может быть представлена лишь низкоорганизованными анаэробными микроорганизмами, осуществляющими весь свой обмен в отсутствие свободного кислорода.

Конечно, низкие средние температуры, отсутствие кислорода, малое количество воды и в особенности высокое ультрафиолетовое излучение поставили бы серьезную преграду для существования на Марсе подавляющего большинства наземных организмов. Если мы просто захотим перенести нашу жизнь на Марс, то для нее условия там окажутся исключительно суровыми. Но высокая способность живых существ к адаптации делает вероятным предположение, что, раз возникнув на Марсе, жизнь должна была приспособиться к тем исключительно трудным условиям, которые существуют на этой планете сейчас.

Пока еще нельзя сказать что-нибудь определенное о жизни на другой близкой к нам планете — на Венере. Сейчас мы знаем только состояние верхних слоев ее атмосферы, где царит сравнительно низкая температура  $-35^{\circ}\text{C}$ , но физические условия на самой поверхности Венеры еще вызывают большие споры. Одни авторы считают, что на поверхности Венеры нет жидкой воды (хотя пары воды сейчас установлены в ее атмосфере),

на поверхности Венеры царит температура выше  $300^{\circ}\text{C}$ , здесь бушуют вихри, несущие сухие горячие частицы вещества.

Другие авторы, наоборот, считают, что температура поверхности Венеры более низкая, ниже точки кипения воды, и что вся поверхность ее занята океаном. Поэтому, в частности, не может происходить взаимодействия углекислоты с силикатами, не образуются карбонаты, как это происходит на Земле. В связи с этим атмосфера Венеры очень богата  $\text{CO}_2$ . Таким образом, сейчас еще трудно делать какие-нибудь заключения о жизни на Венере.

\* \* \*

Конечно, все высказанные здесь соображения пока только более или менее вероятные догадки. Однако уже и сейчас совершенно ясно, что принцип всеобщего развития материи позволяет нам однозначно решать проблему распространения жизни во Вселенной. Мы не вправе считать нашу планету единственным обиталищем жизни, так как жизнь должна была закономерно возникать и развиваться и на других небесных телах, где для этого когда-нибудь создавались надлежащие условия. И хотя пути эволюции жизни крайне разнообразны, мы можем все же надеяться, что где-нибудь во Вселенной обитают и способные мыслить живые существа, с которыми мы так или иначе когда-нибудь сможем вступить в общение!

### *Читайте в следующем, № 3 журнала «Природа»*

**УПРУГИЕ КОЛЕБАНИЯ ЗЕМНОГО ШАРА.** Статья проф. *Е. Ф. Саваренского*,  
*О. Е. Старового.*

**СТО ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В. И. ВЕРНАДСКОГО.** Статья акад. *Д. И. Щербакова*,  
высказывания ученых о крупнейшем геохимике и минералоге.

**ЕСТЕСТВЕННАЯ И ИСКУССТВЕННАЯ СРЕДА.** Статья *Б. А. Вороновича.*

**«ДРАКОНЫ» ОСТРОВА КОМОДО.** Статья *И. С. Даревского*, *Е. А. Малеева.*

**АСТРОФИЗИКА ПАШИХ ДНЕЙ.** Статья *Л. Н. Степанова.*

# МАРС И ОРГАНИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ

Академик В. Г. Фесенков

Соседняя с нами планета Марс больше других планет похожа на Землю и кажется наиболее пригодной для существования органической жизни. Сутки Марса мало отличаются от земных, а наклон экватора к плоскости орбиты так же, как и на Земле, вызывает смену времен года. Марс окружен довольно разреженной атмосферой. По перемещению его облаков можно судить о воздушных течениях, скорость которых иногда достигает 30—40 км в час. Температура поверхности, согласно радиометрическим измерениям, поднимается на экваторе несколько выше 0° С в светлых областях, занимающих примерно две трети всей поверхности, и на 8—10° выше в темных областях.

Самое существенное отличие Марса от Земли состоит в том, что его масса составляет всего лишь 1/9 массы Земли и он практически не способен удерживать около себя легкие газы. Тем не менее именно на этой планете всегда предполагалось существование жизни и именно на нее возлагались в этом отношении «наибольшие надежды». Действительно, если бы оказалось, что даже Марс необитаем, это означало бы, что ни на одной из планет нашей солнечной системы, кроме Земли, нет жизни. Чтобы быть пристанищем органической жизни, планетные системы, возможно, существующие вокруг относительно малого числа одиночных звезд, должны удовлетворять ряду довольно жестких условий. Кроме того, все звезды ранних поколений нашей Галактики лишены тяжелейших, а тем более и радиоактивных элементов, без которых не могут произойти планеты земного типа, окруженные своими воздушными оболочками. Если, наконец, учесть, что даже на нашей Земле, существующей уже около 5 млрд. лет, органическая жизнь, включая и наиболее примитивные ее формы, существует не более одного миллиарда лет, — нельзя не прийти к заключению о крайней исключительности жизни в космосе.

С этим трудно примириться челове-

скому сознанию, и потому, естественно, самых общих аналогий обычно было достаточно, чтобы говорить об органической жизни на Марсе, даже в ее наиболее высокоразвитых формах, вплоть до интеллектуальных существ. Действительно, как известно, итальянский ученый Джованни Скиапарелли, открывший правильную сеть каналов на Марсе, считал, что его темные области аналогичны по своей природе земным морям, и не отрицал возможности существования на этой планете высокоразвитой жизни, а знаменитый французский популяризатор астрономии Камиль Фламмарин в своих увлекательных книгах не стеснялся даже фантазировать об увеселительных прогулках, которые устраивают на Марсе его жители.

Однако скоро стало очевидно, что большое разнообразие оттенков и различных структурных особенностей внутри темных марсианских областей несовместимо с представлением об открытых водных бассейнах, тем более, что в них никогда не отмечалось солнечных рефлексов в виде достаточно ярких бликов. Поэтому П. Ловелл, проводивший наблюдения на обсерватории, построенной им в Аризонской пустыне (США), начал считать эти темные области просто оазисами среди обширных пустынь, т. е. пространствами, покрытыми растительностью, проявляющими регулярные сезонные изменения, и создал теорию о правильной сети каналов, по всей вероятности сооруженных марсианскими инженерами для дополнительного водоснабжения из запасов тающих полярных снегов.

Эти взгляды получили в свое время широкое распространение. Вера в то, что на Марсе существует интеллектуальная жизнь, повела не только к появлению разных фантастических повестей, но и к прямым предложениям способов для налаживания непосредственной связи между человечеством и марсианами. Один из этих способов был предложен великим математиком Ф. Гауссом.

Но вскоре поддерживать эту версию стало трудно. В начале XX столетия фран-

цузский астроном Е. Антониади, работавший с большим рефрактором Медонской обсерватории, показал, что никакой геометрически правильной сети каналов не существует и что сами каналы вовсе не сплошные линии. В Англии Е. Маундер путем специально поставленных опытов подтвердил, что представление о прямолинейных системах каналов могло явиться следствием стремления упрощать и схематизировать наблюдаемые контуры объектов, находящиеся на границе различимости. Это было полностью подтверждено выдающимися исследователями планет Б. Лио и А. Доллфюсом на обсерватории Пик дю Миди в Пиренеях. Они показали, что на хороших, наиболее отчетливых изображениях эти «каналы» всегда распадаются на неправильные скопления отдельных темных пятнышек. Позднее Н.П. Барабашев и его сотрудники в Харькове показали, что марсианские моря, которые до того, вероятно, по контрасту с красноватыми пустынями представлялись обычно несколько зеленоватыми, в действительности также имеют красноватый оттенок, если их сравнивать с белым экраном. Кроме того, в их спектре нет ни малейшего признака полос хлорофилла, обязательных для всякой высокоорганизованной земной растительности. Однако Г. А. Тихов, продолжая работы, начатые Е. Л. Криновым, установил, что интенсивность этих полос в высокой степени зависит от сезонных и климатических условий. В крайне суровых условиях Марса его растительность могла приспособиться так, чтобы по возможности не терять полу-

чаемую солнечную радиацию. И именно поэтому отражательная способность темных пятен на Марсе, особенно в инфракрасных лучах, очень мала, чем марсианская растительность резко отличается от земной. Подобные идеи легли в основу работ Сектора Астроботаники АН КазССР. Под руководством Г. А. Тихова этот сектор провел много экспедиций в областях Советского Союза, отличающихся различными климатическими особенностями. В поллярных и высокогорных условиях, более всего подходящих к Марсу, действительно почти отсутствуют полосы хлорофилла.

Однако существование даже приспособившейся к суровым условиям Марса растительности трудно согласовать с рядом других фактов. Прежде всего, состав марсианской атмосферы указывает с несомненностью, что Марс совершенно лишен биосферы, по терминологии акад. В. И. Вернадского. Как известно, на Марсе в 2—3 раза больше углекислоты, чем в атмосфере Земли. Там, бесспорно, должен быть азот, полосы поглощения которого в крайнем ультрафиолете не могут быть обнаружены в земных условиях, а также известное количество аргона-40 за счет радиоактивного распада весьма распространенного калия-40.

Очень показательны, что, несмотря на многочисленные попытки, на Марсе не удалось найти никаких признаков полос поглощения молекулярного кислорода и водяных паров. Хотя окончательное слово в этом отношении будет за данными, которые мы получим с космического корабля за пре-

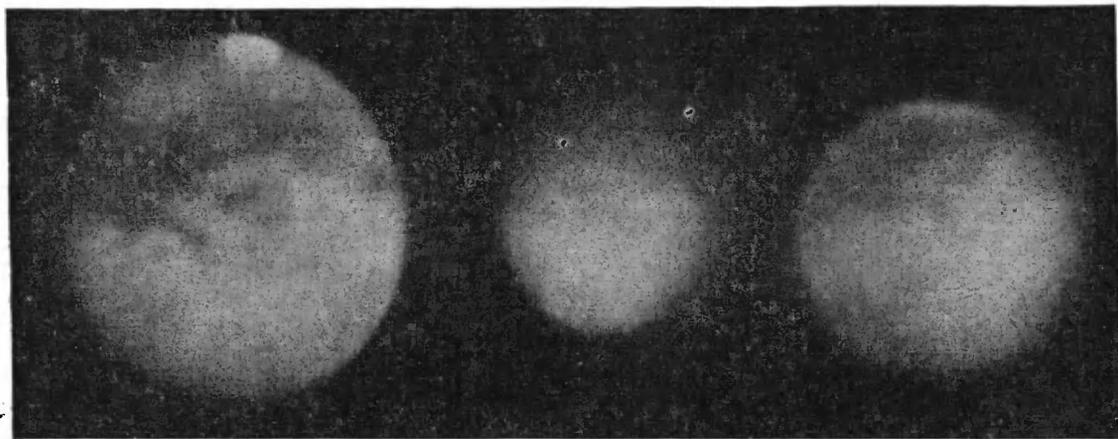


Рис. 1. Последовательные изменения в области Solis Lacus на Марсе, наблюдавшиеся А. Доллфюсом на обсерватории Пик дю Миди (Франция) 8 июля 1954 г., 17 декабря 1943 г. и 20 сентября 1941 г.

делами земной атмосферы, и сейчас уже можно сказать, что на Марсе нет даже тысячной доли количества этих газов, установленной на Земле. Все содержание конденсированной воды в столбе марсианской атмосферы не может быть более нескольких десятых долей миллиметра. Равным образом на Марсе не обнаружен и озон, несмотря на то, что этот газ, неизбежно встречающийся при наличии молекулярного кислорода, отличается рядом чрезвычайно интенсивных полос поглощения в доступной области спектра. Эта ничтожно малая величина для максимально возможного предела содержания кислорода позволяет думать, что его в атмосфере Марса нет совсем. Действительно, в отличие от инертных газов кислород, благодаря своей исключительной химической активности, находится всегда в неустойчивом состоянии, непрерывно расходуясь на различные процессы и непрерывно возобновляясь. Как указывал Л. С. Берг, весь кислород в земной атмосфере был бы израсходован полностью всего за 6000 лет, если бы он не возобновлялся главным образом за счет деятельности растений и морского планктона. Поскольку расход и приход кислорода никак не связаны между собой, так как обуславливаются совершенно различными процессами, трудно предполагать, чтобы в своем стационарном состоянии количество этого газа могло установиться на какой-либо ничтожно малой величине, лежащей за пределами точности современных определений. Вернее думать, что в марсианских условиях его совсем нет.

Отсутствие кислорода трудно согласовать с предположением о марсианской растительности. Г. Стрегхолд (Англия) высказал гипотезу, что кислород, быть может, не выделяется наружу марсианскими растениями, образуя «внутреннюю атмосферу», так что эти растения способны потреблять углекислоту из внешней среды, не отдавая наружу продуктов ее разложения. Это предположение, однако, носит очень искусственный характер. С другой стороны, все эквивалентное содержание воды в атмосфере Марса не может превосходить нескольких десятых долей миллиметра. В условиях очень разреженной атмосферы и малой силы тяжести полярные шапки, в которых предполагаются наибольшие запасы воды, фактически ничего не могут дать для орошения остальных областей планеты. Ночью при температуре порядка  $-100^{\circ}\text{C}$  вода на-

ходится в твердом состоянии, а днем сразу переходит в газ, как было показано еще Доллфюсом и подтверждено им лабораторными опытами. Несомненно, что перенос влаги на Марсе может осуществляться только воздушными течениями и составляет лишь ничтожно малую величину. Поэтому Фр. Солсбюри (Англия), защитник идеи растительности на Марсе, считает, что в марсианских растениях вода не может составлять основное содержание, а играет роль своего рода витамина!

Данные фотометрических наблюдений так же трудно согласовать с предположением, что темные области — «моря» — обуславливаются присутствием высокоразвитой растительности. В. В. Шаронов, Н. Н. Сытинская, Н. П. Барабашев и другие показали, что «моря» и пустыни имеют вполне аналогичные фотометрические свойства, обнаруживая большую гладкость своей поверхности. Вследствие этого Марс наиболее ярок в центре своего диска с очень заметным падением яркости к краям. Пустыни и «моря» ведут себя в этом отношении почти одинаково. Правда, по утверждению И. К. Ковалева, для марсианских морей фактор гладкости (т. е. отклонение от закона отражения света идеально матовой поверхностью), заметно отличается от единицы, так что поверхность их несколько менее ровная, чем пустынь. Для согласования с гипотезой существования растительности и здесь нужно предположить возможность какого-то приспособления к марсианским условиям, принимаемая во внимание еще и тот факт, что фотометрические свойства морей не зависят от их положения на диске, т. е. от высоты Солнца над горизонтом и связанной с этим температурой.

Далее, при анализе теплового режима светлых и темных областей на Марсе и сравнении их с соответствующими отражательными способностями, появилось новое обстоятельство, которое раньше не привлекало к себе внимания. Оказалось, что марсианские моря нагреваются при поглощении солнечной радиации как раз в меру своей поглощательной способности, подобно всякому другому неорганическому телу. Но ведь живая растительность обязательно тратит высокочастотную солнечную энергию на химические превращения — фотосинтез, а не на простое нагревание, и именно в этом заключается принципиальное отличие живой природы от неорганической материи!

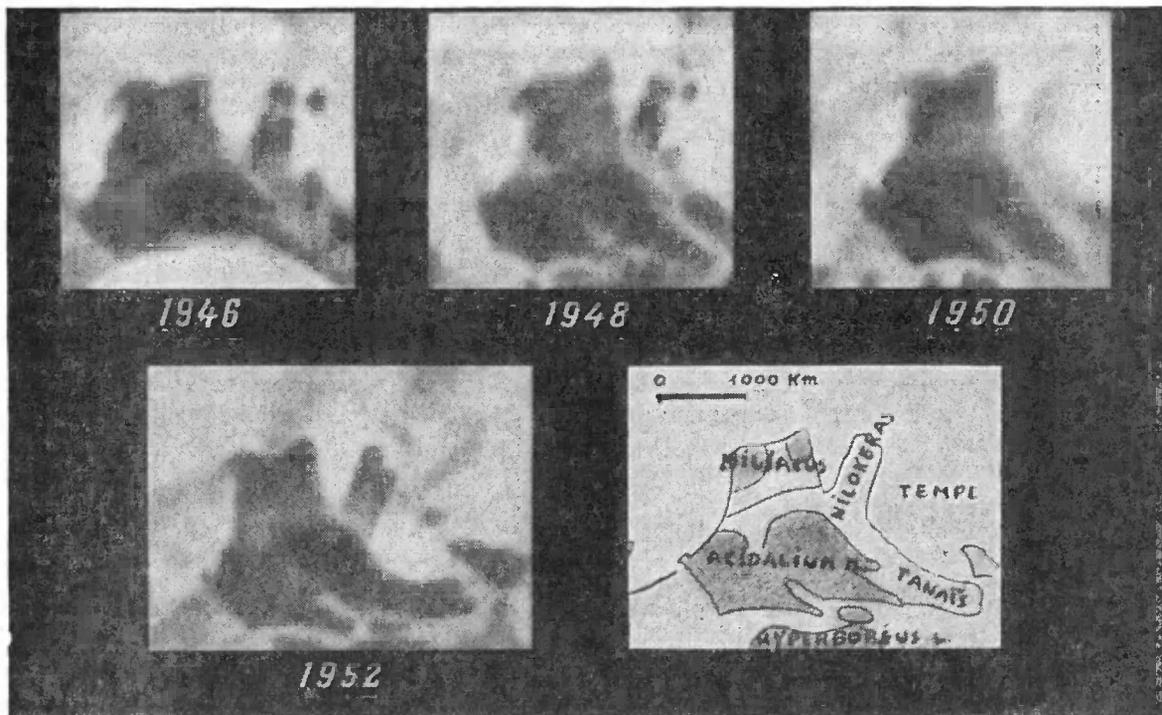


Рис. 2. Изменения марсианской топографии в области Mare Acidalium. Вид темных пятен в 1946, 1948, 1950 и 1952 гг., по наблюдениям А. Доллифуса. Рядом дается схема расположения пятен и приводится масштаб

Многие защитники гипотезы о существовании растительности на Марсе выдвигали как главный аргумент — неизменяемость и устойчивость темных пятен на Марсе. По их мнению, иначе было бы невозможно объяснить, что темные области — «моря» до сих пор еще не засыпаны песчаными бурями, время от времени возникающими в марсианской атмосфере. Только растительность, по их мнению, способна стряхивать с себя пыль и продолжать развиваться на прежнем месте. Однако, как указывалось Г. Койпером (США), во многих местах земного шара существуют обширные, лишенные растительности области, где тем не менее поддерживается значительное различие в отражательной способности. Для примера можно указать на резкое различие правобережной и левобережной Ливийской пустыни в области Асуан—Судан, несмотря на то, что там часто происходят песчаные бури. Кроме того известно, что марсианские моря подвержены большим вековым изменениям, как это можно видеть из сравнения многочисленных рисунков и фотографий, относящихся к различным эпохам. Так, например, обшир-

ная темная область в виде заостренного треугольника, находившаяся на краю современного Mare Simmerium (долгота  $225^\circ$ , широта  $15^\circ$ ), представлявшая в течение примерно 20 лет один из наиболее доступных объектов для наблюдений и изображенная И. Шретером (Германия) в начале XIX столетия на 16 рисунках, в настоящее время не существует вовсе. Подобные систематические изменения происходят на Марсе постоянно (рис. 1 и 2).

Известное разочарование в идее о растительном покрове марсианских морей повело к попыткам найти им новое объяснение. Д. Мак Лофлин (США) предложил связать образование «морей» с вулканизмом и пытался найти соответствие между их деталями и направлением ветров в марсианской атмосфере. Подобное объяснение, по всей вероятности, наиболее правдоподобно, так как своего рода вулканические явления с выделением газов наблюдаются в настоящее время даже на таком небольшом теле, совершенно лишенном атмосферы, как наша Луна. Известный французский наблюдатель Марса Е. Антониади предполагал, что в

1909—1911 гг. ему пришлось наблюдать на Марсе явления, которые он приписывал вулканизму. В 1924 г. К. Графф в Вене обнаружил на Марсе быстро меняющиеся детали, приписанные им также вулканизму. Японский астроном Т. Сахеки описывает развитие компактных темно-серых облачных масс, по его мнению, вулканического происхождения. По Койперу, марсианские моря также представляют собой отложение пепла, на котором в тех или иных формах может развиваться органическая жизнь.

Недавно С. Кисс и Дж. Каррер (США) выдвинули гипотезу, что все спектральные свойства марсианской атмосферы и вообще все наблюдаемые на нем явления могут быть объяснены на основе азотистых соединений  $N_2O_3$ ,  $N_2O_4$ ,  $NO_2$ , встречающихся в газобразном состоянии, в твердом виде и в растворах и принимающих всевозможные цвета — коричневый, желтый, голубовато-белый и зеленоватый. Если бы эта гипотеза была правильна, то это означало бы, что никакой жизни на Марсе быть не может.

Несмотря на все эти трудности, версия о растительной природе марсианских морей получила в последнее время некоторое подтверждение. В 1956 и 1958 гг., во время противостояния Марса В. Синтон при помощи пятиметрового телескопа Паломарской обсерватории обнаружил полосы поглощения, свойственные углеводородным органическим соединениям, при длинах волн 3,67, 3,53 и 3,43  $\mu$ . Подобные соединения типа метана могут выделяться и при вулканической деятельности, но тот факт, что они связаны именно с темными областями, т. е. с самой почвой планеты в ее «морях», отсутствуя в области пустынь, и что они присутствуют в спектре всякой растительности, несомненно укрепляет позиции защитников органической жизни на Марсе. Впрочем, как было отмечено Доллфюсом, это не окончательное доказательство.

Итак, важный вопрос о существовании органической жизни на Марсе до сих пор еще не решен. Однако представляется совершенно несомненным, что никакой высшей растительности и связанного с нею животного мира на Марсе быть не может. Эта проблема в последнее время рассматривалась Фр. Солсбюри, убежденным сторонником органической жизни на Марсе. После детального разбора фактического материала он приходит к заключению, что никакие приспособления растений земного типа к

марсианским условиям не объясняют явлений, наблюдаемых на этой планете, что никакого фотосинтеза, составляющего основу деятельности растений на Земле, там быть не может и что марсианские организмы должны были развиваться с самого начала совершенно особыми, неизвестными нам путями. Например, он ставит вопрос, не могли ли марсианские организмы строить свою деятельность на основе азота, а не кислорода, или непосредственно отщеплять кислород из железистых соединений — лимонита, избыточного в марсианских пустынях. К каким же невероятным предположениям, не имеющим ничего общего с современной наукой, приходится прибегать для того, чтобы продолжать отстаивать идею существования на Марсе высшей растительности и связанного с нею животного мира!

В настоящее время для каждого должно быть очевидно, что всякого рода версии о возможных марсианских космонавтах, которые якобы в прошлые эпохи, а в последний раз в 1908 г. (падение так называемого Тунгусского метеорита) посещали Землю, следует считать ничем не оправданной фантазией. Однако существование на Марсе низших форм жизни — каких-либо примитивных водорослей, бактерий и т. п. — нельзя считать исключенным. Это не противоречит, по-видимому, наблюдаемым физическим особенностям планеты. Несомненно также, что возникновение жизни на Марсе при существующих на нем условиях было бы невозможным. Наличие на нем даже примитивных форм жизни требует, чтобы в отдаленном прошлом условия там были в корне отличны, что еще далеко нельзя считать доказанным.

В заключение отметим, что если удастся путем запуска космических кораблей на Марс получить пробы его почвы и окончательно выяснить проблему жизни на нем, это будет иметь колоссальное значение для понимания прежде всего прошлой истории этой планеты, для углубления космогонии всей солнечной системы в целом и радикально расширит наши представления о самой сущности жизни, которая сейчас мыслится только на основе белковых соединений. Мы сможем более широко судить и о распространении жизни во Вселенной. С осуществлением подобного полета, к которому мы теперь подходим вплотную, связано также разрешение многих других фундаментальных проблем физической природы Марса как космического тела.

# КУЛЬТУРА ТКАНЕЙ В ОНКОЛОГИИ

*Профессор А. Д. Тимофеевский*

*Действительный член Академии медицинских наук СССР*

В экспериментальной онкологии культура тканей применяется с самого открытия этого нового метода, сначала для культивирования опухолевых тканей, несколько позднее — и для изучения действия тех или других канцерогенных агентов, в том числе и вируса саркомы Рауса, на растущие вне организма ткани. Однако исключительно широкое применение в онкологии культура ткани нашла после того, как несколько лет тому назад была разработана новая методика культивирования в виде однослойных культур с употреблением синтетических питательных сред. Культура тканей используется для разрешения ряда вопросов первостепенной важности: биологических особенностей раковой клетки, механизма действия на нее тех или иных факторов, особенностей обмена веществ, малигнизации<sup>1</sup> клеток и тканей, непосредственного действия различных антибластических (противоопухолевых) агентов, изучения онкогенных вирусов и их тестирования (испытание), цитогенетики раковой клетки.

Из всех многочисленных направлений в онкологии, где культура тканей стала любимым методом, мы остановимся здесь на трех, а именно: на получении и изучении клеточных штаммов из опухолевых и нормальных тканей человека, малигнизации культивируемых тканей и онкогенных вирусах. По всем этим трем направлениям моими сотрудниками и мною в течение нескольких лет велись исследования, результаты которых и сообщены в настоящей статье.

## КЛЕТОЧНЫЕ ШТАММЫ ИЗ ТКАНЕЙ ЧЕЛОВЕКА

Получить длительные культуры из тканей животных и человека удавалось и с при-

<sup>1</sup> Малигнизация — превращение нормальных тканей в раковые.

менением старой методики, однако наибольшие успехи в этом направлении были достигнуты за последние 10 лет после введения в практику однослойных культур тканей. Начало этим исследованиям было положено Дж. Гаем с сотрудниками, которым удалось в 1951 г. получить штамм из клеточных элементов раково-измененного эпителия шейки матки (штамм HeLa). В настоящее время в различных лабораториях США, а также других стран получено большое число клеточных штаммов из различных опухолевых и нормальных тканей человека и из лейкоцитов нормальной и лейкемической крови. Эти штаммы широко используются в работах биохимиков, цитологов, цитогенетиков, вирусологов и т. д. Однако до настоящего времени такие штаммы удалось получить далеко не из всех опухолевых тканей человека.

За последние 6 лет в моей лаборатории получено 13 клеточных штаммов, из них 3 произошли из эмбриональных клеток человека, остальные — из опухолевых тканей. Получение клеточных штаммов всегда сопряжено с большими трудностями, особенно, если речь идет о раковых опухолях человека. Это объясняется тем, что клетки должны приспособиться к совершенно новым условиям существования, на что способны лишь очень немногие из них. Легче, чем раковые опухоли, удается длительно культивировать некоторые саркомы, меланомы и, по-видимому, некоторые нейроэктодермальные опухоли. В процессе такого приспособления клеток к условиям жизни в однослойных культурах происходит изменение их морфологии, упрощение структуры, изменение числа хромосом в сторону его увеличения, а также резкое ускорение размножения клеток.

Длительные культуры из различных нормальных клеток претерпевают те же изме-

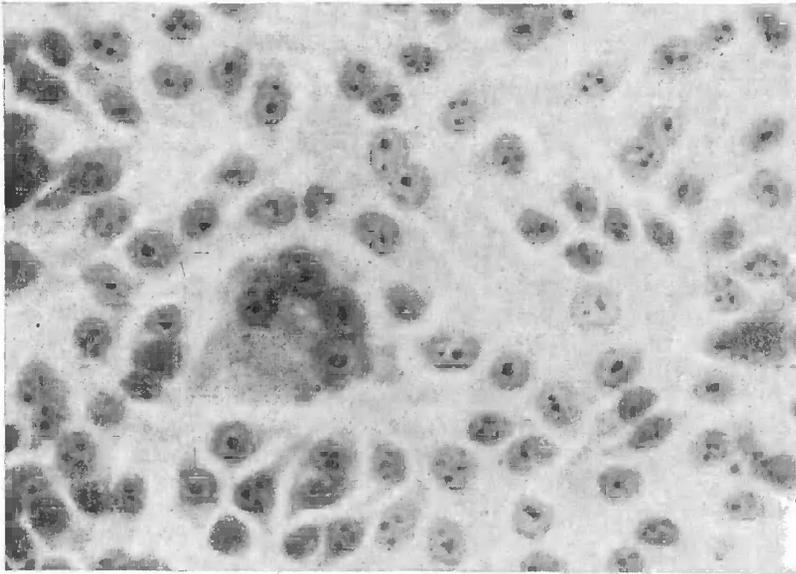


Рис. 1. Клеточный штамм, полученный из раковой опухоли поджелудочной железы. Эпителиеподобный тип роста. Увелич. в 200 раз

нения, что и культуры из клеток злокачественных опухолей. Таким образом, при выращивании в виде однослойных культур, клеточные штаммы могут сделаться очень похожими один на другой по морфологическим признакам. Поэтому решение вопроса о происхождении клеток из тех или других клеточных элементов исходного материала часто очень затруднительно. Все же штаммы, полученные из железистых раков, иногда сохраняют способность образовывать кольцевидные структуры, несколько напоминающие железистые ячейки. Однако чаще они растут в виде эпителиальных мембран (рис. 1). Точно так же клетки двух штаммов из пигментных опухолей (меланом) человека, несмотря на культивирование в течение трех лет, сохранили способность вырабатывать пигмент меланин. Этот пример показывает, что даже длительное культивирование в однослойных культурах не вызывает полной дедифференцировки клеток, которые продолжают сохранять способность к выработке некоторых специфических продуктов, например меланина (рис. 2).

Клеточные штаммы находят применение в исследованиях ультраструктур клеток, в цитогенетике, вирусологии, в изучении действия различных химиотерапевтических препаратов и т. п.

### МАЛИГНИЗАЦИЯ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ТКАНЕЙ

В литературе есть много сообщений об изменении свойств культур при длительном их выращивании вне организма: через 5—8 месяцев эксплантации (отсадки) наступают морфологические изменения, увеличивается число хромосом, ускоряется рост и культуры приобретают способность при прививке животному вызывать развитие злокачественных опухолей. В руководимой мной Лаборатории культивирования тканей последние годы велись исследования по малигнизации крысиных фибробластов в культуре тканей. В ряде опубликованных работ С. В. Беневоленской было показано, что при культивировании крысиных фибробластов



Рис. 2. Штамм меланомы человека. Клетки меланомы, содержащие зерна меланина. Увелич. в 400 раз

в виде кусочков ткани, в свертке фибрина малигнизация наступала лишь при комбинированном воздействии на культуры метилхолантрена и экстракта из некоторых злокачественных опухолей мышей, крыс, человека. В результате всех этих воздействий в культурах наступали резко выраженные и стойкие морфологические изменения, которые позволяли отличить их от контрольных культур или от культур, подвергнутых воздействию только одного из этих факторов (метилхолантрена или экстракта из опухолей). Прививка таких измененных культур под кожу крысам давала положительный результат: из клеток культуры вырастали легко пассируемые (перевиваемые) саркомы (рис. 3 и 4).

Однако при применении новой методики культивирования (однослойные культуры) крысиные фибробласты, росшие до этого в течение нескольких лет без всяких воздействий и сохранившие свой нормальный вид, подверглись злокачественным изменениям и при прививке крысам вызвали развитие сарком. Причина такой трансформации клеток остается пока неясной. Выделить из таких культур вирус не удалось.

С другой стороны, если культивировать крысиные фибробласты с самого начала в виде однослойных культур, то через 6—8 месяцев неизбежно наступает малигнизация. Кариологические<sup>1</sup> исследования показали, что к моменту малигнизации большинство клеток трансформируется из диплоидных в гипотетраплоидные, и что эти изменения наступают раньше, чем положительная биологическая проба.

Имеющиеся литературные и экспериментальные данные дают возможность предположить, что и в штаммовых культурах, происходящих из клеток нормальных тканей человека, после длительного культивирования также наступят морфологические и кариологические изменения, указывающие на их трансформацию. Так, гистограммы штаммовых культур из опухолевых тканей и из нормальных тканей неотличимы одна от другой. В том и другом случае модальные числа хромосом<sup>2</sup> гипотетраплоидны. Наконец, необходимо указать, что и антигенные свойства штаммовых культур происшедших из нормальных тканей, согласно



Рис. 3. Культура крысиных фибробластов, 104 пассаж, 8 дней, всего вне организма 4 года и 2 месяца. Структура зоны роста близка к нормальной. Окрашенный препарат. Увелич. в 80 раз

данным А. М. Ерошкиной и В. Н. Калмыковой, приближаются к свойствам штаммовых культур, полученных из опухолевых тканей.

### ОПУХОЛЕРОДНЫЕ ВИРУСЫ

В последние годы стало известно большое число онкогенных вирусов, вызывающих опухоли и лейкозы у птиц и млекопитающих; особенно много лейкозогенных вирусов открыто у мышей. Наиболее крупное открытие последних лет — это обнаруженный американскими учеными С. Стюарт и Б. Эдди в опухолях и лейкозных тканях некоторых штаммов мышей вирус полиомы<sup>1</sup>, который, при введении новорожденным животным различных видов (мыши, крысы, хомяки), вызывает развитие

<sup>1</sup> Кариология — наука о клеточном ядре.

<sup>2</sup> Наиболее часто встречающиеся числа хромосом.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1959, № 12, стр. 80—82.

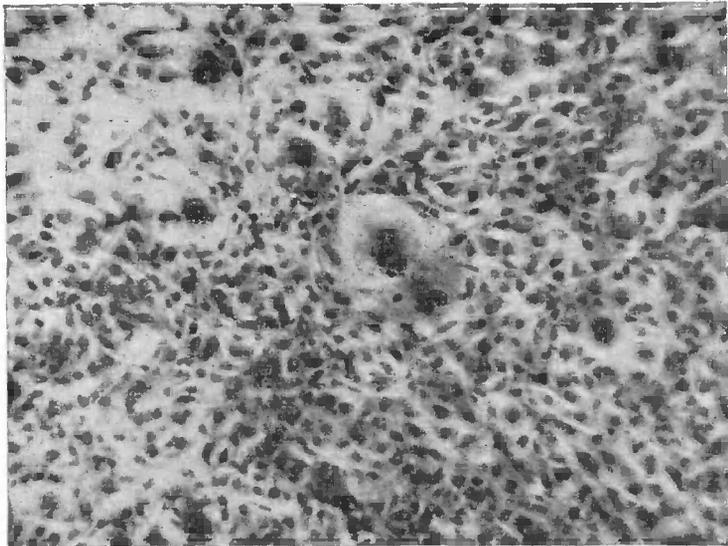


Рис. 4. Культура крысиной соединительной ткани, подвергнутая воздействию метилхолантрена и экстракта из раковой опухоли молочной железы мыши. 128 пассаж, 17 дней. Всего *in vitro* 4 года, 8 месяцев. Резкое изменение структуры зоны роста. Много гигантских клеток. Увелич. в 80 раз

разнообразных опухолей. В открытии этого вируса сыграла решающую роль культура тканей: она помогла приготовить вирус полиомы в количестве, достаточном для индукции опухолей у новорожденных животных. Для этого была использована культура мышинной эмбриональной ткани, которая заражалась фильтратом из ткани, содержащим в очень небольшом количестве вирус полиомы. В таких культурах вирус быстро размножался и выделялся в культуральную жидкость, которая и обладала онкогенным действием.

Другой недавно открытый онкогенный вирус SV-40 был выделен из культур почки обезьян (*Macacus Rhesus* и *M. Cynomolgus*). История открытия этого вируса представляет большой интерес. Культура обезьяньих почек нашла широкое применение в онкологии для культивирования некоторых вирусов, а также для поисков новых, еще неизвестных вирусов, в том числе из опухолей человека. Сотрудница нашей лаборатории Г. И. Дейчман заражала однослойные культуры обезья-

ньих почек экстрактами из раковых опухолей молочной железы человека, надеясь таким путем вызвать размножение искомого вируса. Введение новорожденным крысам культуральной жидкости из зараженных культур вызвало развитие опухолей (ретикулосаркомы брыжжейки и легких) приблизительно у 20% крыс в возрасте 11—24 месяцев. Однако опухоли возникали примерно с той же частотой и у животных, получивших культуральную жидкость из незараженных культур обезьяньей почки. Поэтому больше года тому назад, при анализе причин возникновения опухолей у крыс в этом опыте, было высказано предположение, что онкогенный эффект мог быть обусловлен материалом обезьяньей почки (скорее всего, содержащимся в ней спонтанным вирусом). Позднее стали известны данные Б. Эдди

(США) и его сотрудников, которые обнаружили, что экстракты и фильтраты из клеток культуры почек обезьян при введении подкожно новорожденным хомячкам вызывают подкожные саркомы у 70% животных в возрасте 3—9 месяцев. Это наблюдение было подтверждено также и в нашей лаборатории (рис. 5 и 6).

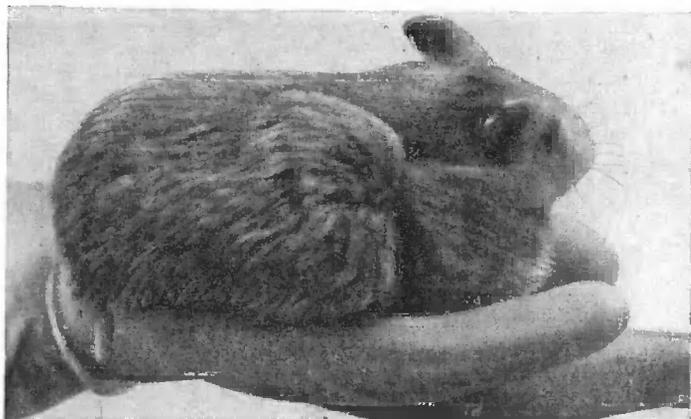


Рис. 5. Хомячок с огромной опухолью, развившейся на месте инъекции под кожу культуральной жидкости из культуры обезьяньей почки

Позднее было установлено, что онкогенная активность культур почек обезьян зависит от вируса SV-40, который был открыт уже несколько лет тому назад, но никто не подозревал, что он обладает таким действием. Таким образом, в нормальном органе обезьян, у которых спонтанные опухоли почти не встречаются, обнаружен новый онкогенный вирус.

Поисковые исследования новых онкогенных вирусов, особенно в опухолях человека, — одно из важных направлений, при котором использование культуры ткани обязательно. Нет никакого сомнения, что среди разнообразных злокачественных опухолей человека должны встречаться опухоли вирусной этиологии. Однако до настоящего времени нет убедительных данных, подтверждающих это предположение. Нужно думать, что если некоторые формы злокачественных опухолей человека и имеют вирусную этиологию, они должны быть отнесены к той группе опухолей, которые либо чрезвычайно бедны зрелым вирусом, либо содержат лишь провирус. За это говорят данные изучения раковых клеток человека на ультратонких срезах под электронным микроскопом и почти безрезультатные попытки выявить присутствие цитопатогенного эффекта в различных системах культур ткани при заражении их препаратами из опухолей человека. Большая работа, проведенная моими сотрудниками и мной лично по обнаружению вирусоподобных глобулярных тел в экстрактах из опухолей, а также из культур опухолевых тканей человека, не дала ожидаемых положительных результатов для решения поставленной задачи. Опыты культивирования искомого агента путем заражения однослойных культур экстрактами из некоторых злокачественных опухолей человека (саркомы, рак молочной железы), с последующим введением культуральной жидкости новорожденным мышам и крысам, дали отрицательный результат.

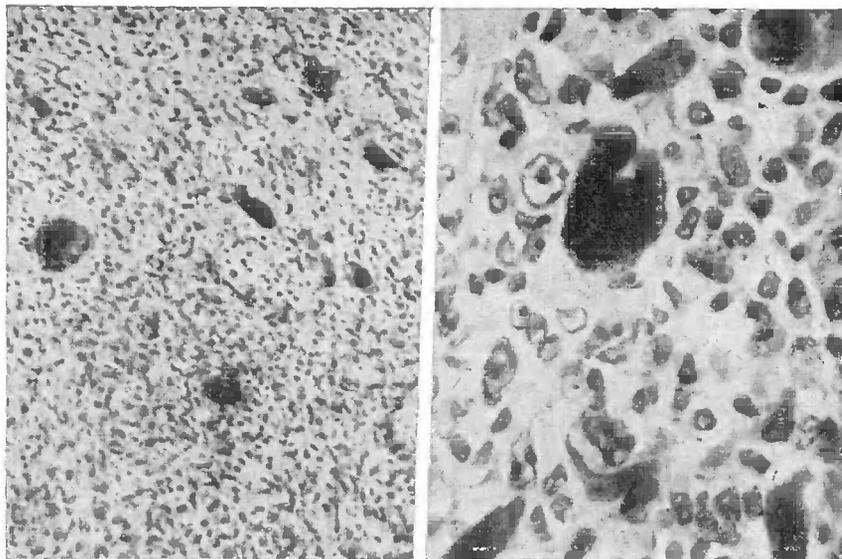


Рис. 6. Срез опухоли (полиморфноклеточная саркома), развившейся у хомячка. Слабое (слева) и сильное увеличение (справа)

#### «МАСКИРОВКА» ВИРУСА

Говорят ли эти факты против возможной роли вирусов в возникновении опухолей человека? Отнюдь нет. Еще в 1945 г. Л. А. Зильбер высказал предположение, основанное на экспериментальном материале, что вирус наследственно изменяет малигнизируемую им клетку и не играет особой роли в размножении уже возникших опухолевых клеток. В настоящее время по отношению к некоторым вирусам имеются фактические данные, подтверждающие это положение. Так, по некоторым данным (Л. Сакс и М. Фогель), вирус полиомы, через две недели после инфицирования им культур хомячковой эмбриональной почки, резко снижал свой титр, а в дальнейшем либо обнаруживался в очень малых количествах, либо совсем не обнаруживался. В таких культурах может происходить полная потеря вируса и вирусного антигена без всякой потери онкогенных свойств культуры: прививка этих культур взрослым хомячкам давала положительные результаты благодаря размножению уже готовых опухолевых клеток (И. С. Ирлин и Л. А. Зильбер). Возможно, и в опухолях человека происходит такая же потеря вируса, как и в опытах с хомячками.

При попытках выделения вирусного агента при помощи тканевой культуры из опухолей человека нужно всегда иметь в виду,

что выделенный таким образом агент может оказаться случайным симбионтом опухоли клетки и в то же время обладать в опытах на животных онкогенным действием. Так, нам известны перевивные опухоли животных (например, опухоль Эрлиха, саркома S-37), из которых были выделены лейкозогенные вирусы, вряд ли имеющие какое-нибудь отношение к этиологии этих опухолей.

Несмотря на то, что в настоящее время подвергают серьезной критике результаты опытов по воспроизведению опухолей у животных препаратами из культур тканей, зараженных экстрактами из опухолей человека, тем не менее такая проверка, при условии правильного подбора животных и при соответствующем контроле, почти необходима. Хотя отрицательный результат такой пробы еще не может исключить данный вирус как возможный этиологический агент опухолей человека, тем не менее, мы сейчас вправе ожидать, что искомые онкогенные вирусы опухолей человека могут оказаться онкогенными и для некоторых животных, так как прежние представления о тканевой и видовой специфичности онкогенного вируса потеряли под собой основу. Впрочем нужно отметить, что вирус, онкогенный для одного вида животного, может вызвать иное заболевание у другого вида. Так, например, вирус саркомы Рауса часто вызывает кистозную болезнь у крыс.

Таким образом, интенсивные поиски, этиологического агента вирусной природы для злокачественных опухолей человека, проводимые в различных лабораториях мира, дали отрицательные результаты. Пока мы еще не можем ответить на поставленный вопрос ни положительно, ни отрицательно. Однако считать эту задачу невыполнимой нельзя; нужно искать новые пути и методы для ее решения.

При применении культуры тканей для обнаружения онкогенного вируса из опухолей человека нужно иметь большой набор различных культур, а также выделенных из них клонов (клон — это культура, полученная из одной клетки), так как нам известно, что отдельные вирусы могут размножаться только в определенных клетках, а иногда

только в отдельных клопах, выделенных из данной клеточной популяции. Так как некоторые вирусы, в том числе и онкогенные, при своем размножении в клетках культур не вызывают цитопатогенного эффекта (повреждающего действия на клетки), нужно использовать для их обнаружения все имеющиеся в нашем распоряжении возможности: изменение морфологии, гистохимические особенности, биохимические сдвиги и т. д.

Возможно, как указал Л. А. Зильбер в своей лекции на VIII противораковом Конгрессе, онкогенные вирусы опухолей человека нужно искать не в готовых опухолях, а на начальных стадиях развития их, в предраках. Нельзя исключить и такую возможность, что у больных раком вирус может быть найден не в самих опухолях, а в других тканях и жидкостях организма.

Совсем недавно было установлено, что один из известных вирусов, выделенных у человека, — аденовирус 12 вызывает при введении хомячкам развитие у них сарком. Было бы интересно выяснить онкогенную активность всех выделенных у человека вирусов и проверить существование антител к ним у раковых больных. Наконец, нельзя забывать, что вирусы, обладающие опухолеродной активностью у животных, могут оказаться онкогенными и для человека. Действительно, нам известны в настоящее время онкогенные вирусы животных, которые не обладают видовой специфичностью. Так, вирус куриной саркомы Рауса, особенно некоторые его штаммы, способен вызывать развитие сарком у ряда лабораторных животных. Вирус полиомы обладает довольно широким спектром действия, вирус SV-40, выделенный из почек обезьян, онкогенен для крыс и хомячков. Таким образом, не исключена возможность, что существуют онкогенные вирусы общие для домашних животных и человека.

\* \* \*

Все вопросы, поставленные в этой статье, требуют для своего ответа экспериментальной проверки. Можно надеяться, что эта проблема, а именно значение вирусов в возникновении опухолей человека, будет решена в ближайшие годы.

**Подписывайтесь на журнал  
«ПРИРОДА»**

# МАГНЕТИЗМ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Член-корреспондент АН СССР С. В. Вонсовский

Институт физики металлов АН СССР (Свердловск)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНЕТИЗМА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МИКРОЧАСТИЦ

В самом общем виде магнетизм можно определить как особую форму материальных взаимодействий, возникающих между движущимися частицами материи, обладающими электрическими зарядами. Взаимодействие между пространственно разделенными материальными частицами не может передаваться через абсолютную пустоту. Передача осуществляется реальным материальным агентом — магнитным полем. Основные элементы магнетизма — это векторное магнитное поле и особые характеристики движущихся заряженных микрочастиц (рис. 1).

В 1821 г. французский ученый Ампер высказал знаменитую гипотезу, что единственными источниками магнитного поля являются токи. В постоянном магните мы их не можем непосредственно видеть, так как это микроскопические токи, которые текут в пределах отдельных молекул или атомов (рис. 2). Постоянные магниты отличаются от других тел только тем, что в них молекулярные токи ориентированы упорядоченно (рис. 3). В «немагнитных» телах эти токи распределены хаотически и их магнитные действия «в среднем» компенсируются. Представления Ампера сыграли огромную роль в развитии учения о магнитных свойствах вещества и составляют основу современной теории магнетизма.

Расшифровка физического механизма гипотезы Ампера была дана лишь после открытия электронно-ядерной структуры атома (Э. Резерфорд, Н. Бор, 1911—1913), когда стало ясно, что любой атом представляет собой постоянный замкнутый «молекулярный» ток: вокруг состоящего из протонов и нейтронов атомного ядра — солнца вращаются по орбитам, как планеты, значительно более легкие, отрицательно заряженные электроны. Движение электронов по орбитам в оболочке атома стационарно и поэтому по своим магнитным свойствам эквивалентно замкнутому (круговому) току обычного проводника (рис. 4).

Еще при изучении постоянных магнитов был отмечен любопытный факт: никаким делением невозможно получить частицы с одним магнитным полюсом; любая, даже самая малая частица магнита всегда имеет два или, во всяком случае, четное число полюсов. В связи с этим было высказано предположение, что магнит — это совокупность элементарных магнитных двойных полюсов, диполей, аналогичных электрическим. Магнитные диполи только формально можно представить себе состоящими из двух, неразрывно связанных между собой «фиктивных» магнитных зарядов двух знаков: «+» и «-» или северного (N) и южного (S) полюсов, в то время как в электрическом диполе (рис. 5) заряды вполне реальны. Момент диполя, так же

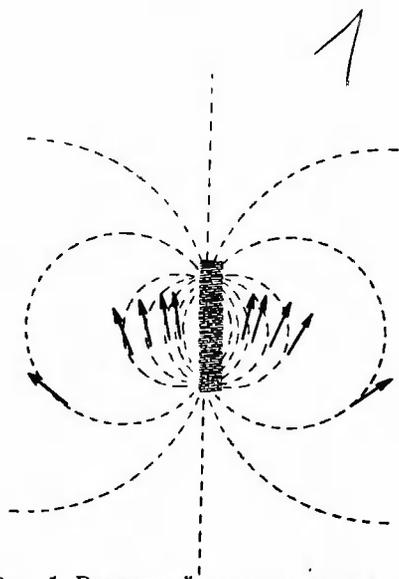


Рис. 1. Векторный характер магнитного поля — силовые линии

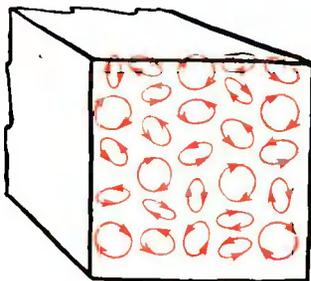


Рис. 2. Схема микроскопических (молекулярных) замкнутых токов в теле (гипотеза Ампера)

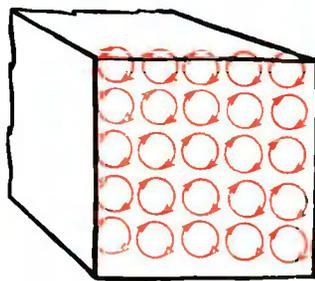
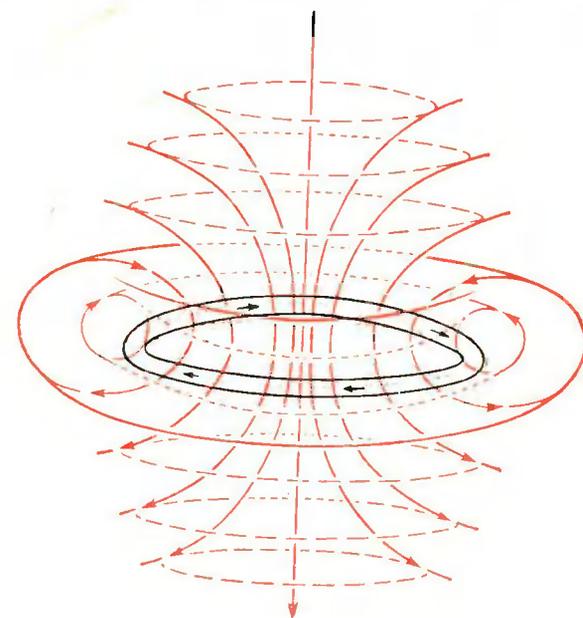
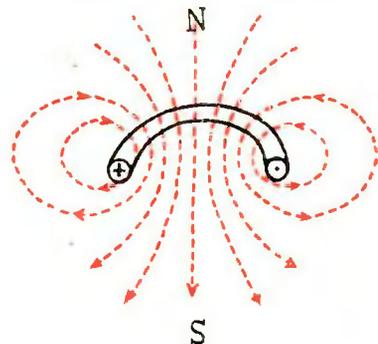


Рис. 3. Упорядоченное распределение молекулярных токов в постоянных магнитах

как и магнитное поле, есть векторная величина, и его направление считается от положительного заряда к отрицательному. При изучении магнитов также ввели понятие динольных магнитных моментов (рис. 6). Только разделение этой величины на два множителя (абсолютная величина заряда, умноженная на расстояние между ними) представляет собой чисто фиктивную операцию. Магнитный момент, напротив, — первичная основная характеристика магнетика. После открытия Эрстеда и появления гипотезы Ампера возникла необходимость дать «токовую» интерпретацию понятию магнитного момента, т. е. как-то связать величину магнитного момента с током и геометрическими размерами контура. Здесь опять сразу же видно отличие магнетизма от электричества, так как для контура с током невозможно ввести не только магнитные заряды, но даже магнитные полюсы, в том смысле, в каком их вводят для по-

Рис. 4. Магнитное поле кругового тока: слева — картина силовых линий в плоскости чертежа; справа — объемная картина



стоянных магнитов. Этот вопрос разобрал Ампер, доказавший очень важную теорему о количественной эквивалентности магнитных листов и круговых токов (рис. 7). Магнитный момент листка  $\vec{M}$  равен по величине произведению силы тока  $i$ , протекающего по контуру, на охватываемую им площадь  $S$ . Направление вектора  $\vec{M}$  определяется правилом буравчика.

После открытия ядерно-электронной структуры атомов и доказательства гипотезы Ампера

стало понятно, что в качестве естественного кванта магнетизма вещества следует выбрать наименьший магнитный момент, соответствующий движению электрона по самой ближней к ядру орбите самого простого атома водорода. Такой наименьший магнитный момент действительно был открыт, измерен и назван по имени Н. Бора — магнетоном Бора  $\mu_B$ . Его величина по сравнению с величиной магнитных моментов (суммарных) обычных магнитов очень мала ( $\sim$  в  $10^{22}$ — $10^{23}$  раз меньше) и в абсолютных электромагнитных единицах составляет  $10^{-20}$  CGSM.

Дальнейшее изучение внутреннего строения атомов и свойств самих электронов показало, что электрон — это источник магнит-

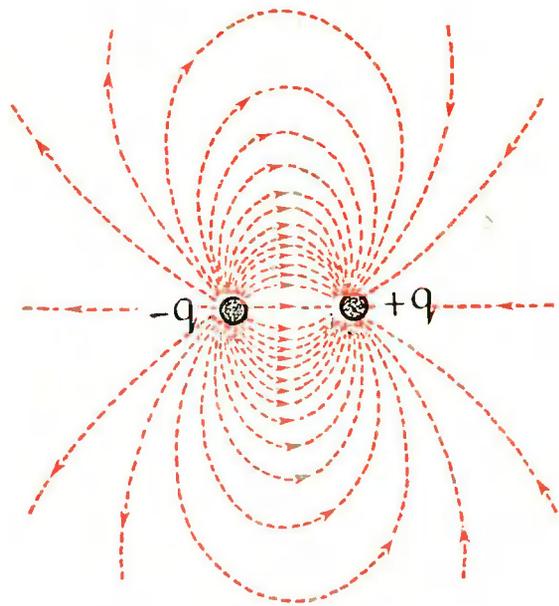


Рис. 5. Электрический диполь

ного поля не только при его движении по орбите вокруг ядер в атомах, но и сам по себе, поскольку ему в некотором смысле можно приписать собственное вращение, подобное вращению Земли вокруг своей оси. Это явление «собственного» вращения, носящее название спина электрона, автоматически приводит к появлению собственного, иначе спинового магнитного момента. Величина спинового магнитного момента электрона также равна магнетону Бора. Следовательно, магнетизм атомной электронной оболочки — это суммарный эффект орбитального и спинового магнетизма электронов. Можно различать два основных типа электронных оболочек: с отличным от нуля суммарным магнитным моментом (орбитальным, спиновым или смешанным) или с нулевым суммарным моментом (магнитно-активные и магнитно-нейтральные электронные оболочки).

Изучение структуры атомных ядер и их составных элементов — протонов и нейтронов показало, что и они тоже могут быть источниками орбитального (связанного с переносным движением нуклонов) и спинового, но уже не электронного, а ядерного (или нуклонного) магнетизма. При этом атомом ядерного магнетизма является не магнетон Бора, а ядерный магнетон  $\mu_{яд}$ , который в 1836,5 раза меньше. Это обусловлено тем, что протон и нейтрон<sup>1</sup> обладают во столько же раз большей массой, чем электрон, а магнетоны обратно пропорциональны массе соответствующих частиц.

Итак, мы видим, что все микроструктурные элементы вещества — электроны, протоны и нейтроны, а следовательно, и любые их комбинации — атомные ядра и электронные оболочки и комбинаций этих комбинаций, т. е. атомы, молекулы и макротела, в принципе могут быть источниками магнетизма, поскольку все они без исключения обладают магнитными моментами и могут создавать

<sup>1</sup> Может возникнуть вопрос, почему нейтрон, не обладающий электрическим зарядом, имеет спиновый магнитный момент? Это, оказывается, связано с более тонкой внутренней структурой нуклонов, а именно, с существованием около них особого мезонного поля, кванты которого обладают электрическим зарядом и, вращаясь вместе с сердцевинной нуклоном, вносят свой вклад в спиновый магнетизм протона и нейтрона.

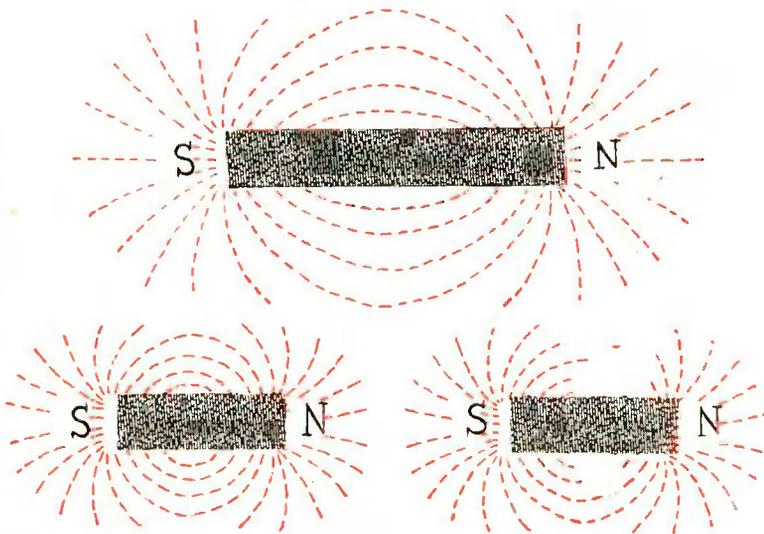


Рис. 6. Магнитный диполь

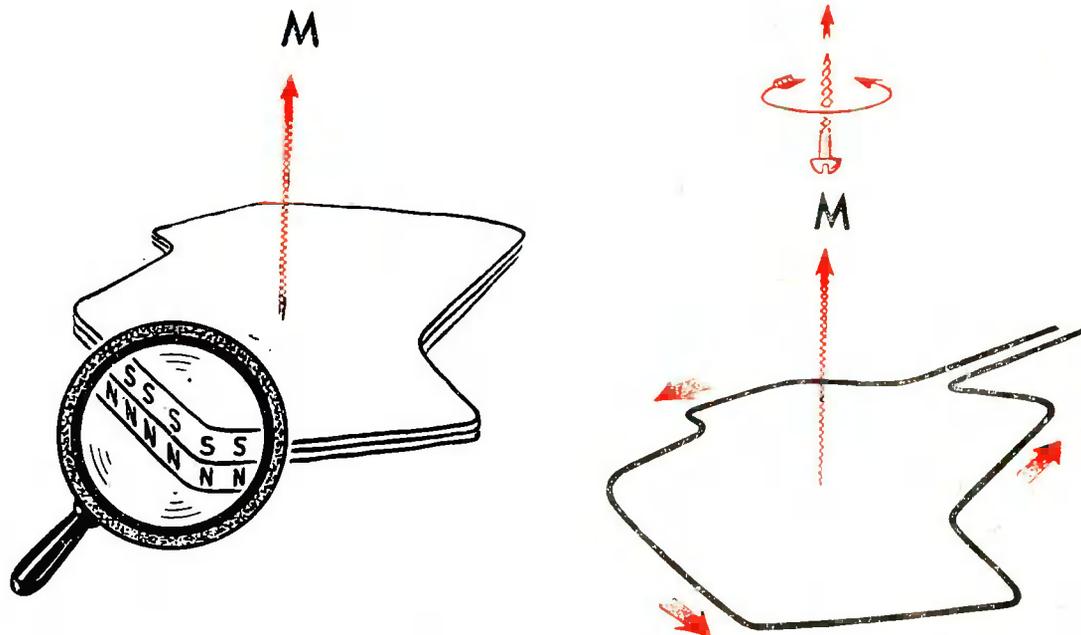


Рис. 7. Эквивалентность кругового тока и магнитного листка (теорема эквивалентности Ампера)

в окружающем пространстве магнитные поля и подвергаться воздействию внешних магнитных полей. Отсюда и вытекает представление об универсальном характере магнетизма. Таким образом, магнитными свойствами должны обладать все вещества, т. е. все они являются магнетиками.

#### КЛАССИФИКАЦИЯ МАГНЕТИКОВ

Поскольку вещества построены из совокупности атомов, то и магнитные свойства веществ складываются из совокупного действия магнитных характеристик этих элементарных носителей магнетизма. Во внешнем магнитном поле элементарные носители магнитного момента поляризуются и ориентируются. Для облегчения понимания физической сущности этих эффектов полезно рассмотреть более простой случай действия внешнего электрического поля  $E$  на элементарные электрические диполи с квази-упругой связью, из которых построены диэлектрики (рис. 8). Поскольку в атомных электрических диполях противоположные заряды связаны упруго, то поле вызовет некоторое раздвижение зарядов, что приведет к увеличению моментов электрических диполей,

параллельных полю, и к уменьшению моментов диполей, антипараллельных полю (см. рис. 8). Этот эффект роста суммарного момента электрических диполей вдоль внешнего поля называют электрической поляризацией. Аналогом этого эффекта при воздействии внешнего магнитного поля на магнетик будет магнитная поляризация, но ее физический механизм совершенно иной. Поляризационный эффект магнитного поля представляет собой прямое следствие закона электромагнитной индукции, по которому при включении внешнего магнитного поля в замкнутом контуре проводника возникает индукционный ток. Согласно правилу Ленца, направление этого тока таково, что созданное им самим магнитное поле неизменно направлено против вызвавшего индукционный ток внешнего поля. Таким образом, магнитный «поляризационный» эффект всегда имеет отрицательный знак. Такой поляризационный (индукционный) эффект магнитного поля называют диамагнетизмом. Это универсальный эффект, присущий всем телам без исключения и, таким образом, все тела можно было бы назвать диамагнетиками, если бы во многих случаях этот эффект не перекрывался другим, более сильным ориентационным эффектом, имеющим, как это будет сей-

час показано, положительный знак. Поэтому диамагнетиками принято называть лишь те тела, в которых преобладает диамагнитный эффект. Диамагнетизм — очень слабый эффект, внешнее поле силой в 1 эрстед создает весьма незначительный диамагнитный момент, величина которого в единице объема вещества (намагниченность) составляет всего лишь одну миллионную гаусса (напомним, что намагниченность железа при комнатных температурах может превышать полторы тысячи гаусс, т. е. величину в миллиарды раз большую!).

Перейдем теперь к рассмотрению второго эффекта действия внешнего поля на магнетики.

Внешнее поле стремится повернуть все векторы магнитных моментов атомных носителей магнетизма вдоль своего направления. Этот эффект ориентационного намагничивания называется **парамагнетизмом**. По величине он также, как правило, очень слаб, хотя в большинстве случаев сильнее диамагнетизма и иногда может достигать очень больших величин (см. ниже). Кроме того, парамагнитный эффект не столь универсален как диамагнетизм. Для его осуществления необходимо, чтобы атомные ядра и электронные оболочки в веществе обладали нескомпенсированными магнитными моментами.

Итак, мы можем теперь провести некоторую классификацию магнитных явлений, опираясь, с одной стороны, на природу атомных носителей магнетизма и, с другой — на характер действия внешнего поля на них. Следует прежде всего различать **электронный** и **ядерный** магнетизм (как мы видели, ядерный магнетизм, по крайней мере на три порядка величины слабее электронного); далее, различаем **орбитальный** и **спиновый** магнетизм, в зависимости от того, создается ли он орбитальным движением микрочастиц или их спинами. Нужно еще различать два вида действия внешнего магнитного поля — **диамагнетизм**. В каждом конкретном веществе

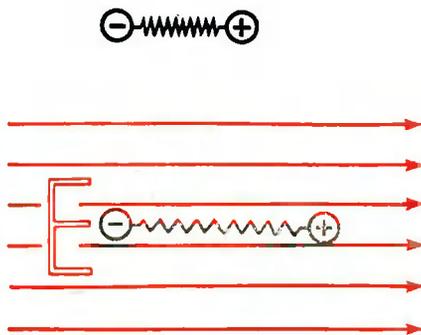


Рис. 8. Эффект поляризации атомных электрических диполей электрическим полем

присутствуют, как правило, все эти «магнетизмы», только одни играют основную, а другие подчиненную роль.

Приведенная классификация далеко не полная, в ней не учитывается влияние характера и величины внутренних взаимодействий между атомными носителями магнетизма на магнитные свойства веществ. Например, магнитные свойства молекул в газах целиком определяются взаимодействием между валентными (наружными) электронами образующих их атомов (рис. 9). Изучая магнитные свойства молекул, можно выявить характер межэлектронных взаимодействий в них, т. е. природу химических связей.

Рассмотрим влияние взаимодействия атомных носителей магнетизма на магнитные свой-

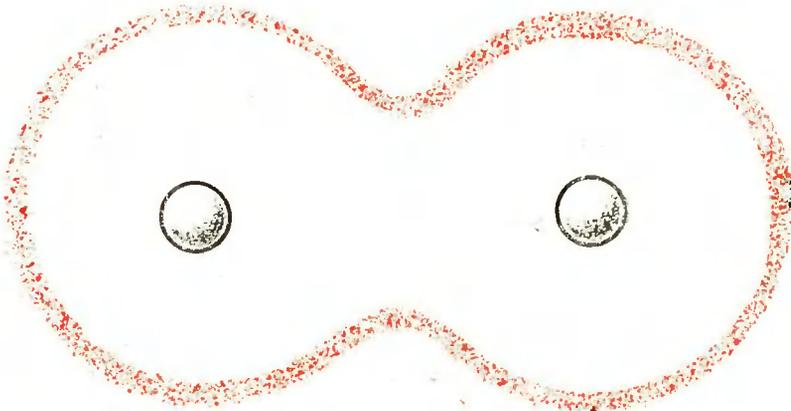
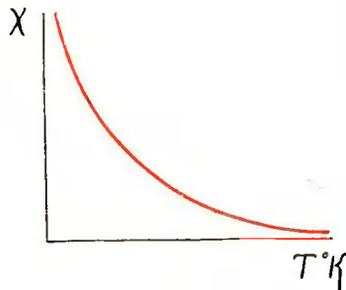


Рис. 9. Коллективизация валентных электронов в молекулах. Электроны двух атомов образуют общую электронную оболочку молекулы

Рис. 10. Температурная зависимость парамагнитной восприимчивости



ства. Здесь сразу же возникает вопрос, будет ли намагниченность вещества отлична или равна нулю в отсутствие внешнего магнитного поля? Чтобы ответить на этот вопрос, требуется выяснить соотношение между энергией внутренних взаимодействий атомных магнитиков и средней энергией их теплового движения. Тепловое движение в силу своей хаотичности всегда способствует хаотическому распределению ориентаций атомных магнитных моментов. Средняя величина энергии теплового движения элементарного атомного магнитика на одну степень свободы при температуре  $T^{\circ}\text{K}$  равна  $kT$ , где  $k$  — постоянная Больцмана, равная  $1,36 \cdot 10^{-16}$  эрг/град.

Энергию взаимодействия между атомными частицами, зависящую от взаимной ориентации их магнитных моментов назовем  $E_{\text{магн}}$ . Напишем равенство  $E_{\text{магн}} = kT_{\text{кр}}$ , где  $T_{\text{кр}}$  некоторая критическая температура. При  $T > T_{\text{кр}}$  (т. е. при «высоких» температурах) тело в отсутствие внешнего магнитного поля не имеет самопроизвольной (спонтанной) намагниченности. Она возникнет лишь под действием внешнего магнитного поля. При этом в парамагнетиках с повышением температуры ориентационная намагниченность будет всегда разрушаться при заданной величине внешнего поля. В некоторых веществах величина парамагнитного намагничивания будет пропорциональна внешнему полю, где коэффициент пропорциональности  $\chi_{\text{TM}}$  называется парамагнитной восприимчивостью магнетика. В ряде веществ она изменяется по величине обратно пропорционально температуре (рис. 10). Диамагнитный момент также, как правило, по величине пропорционален полю. Однако он практически не зависит от температуры. Ведь диамагнитный эффект представляет собой воздействие внешнего магнитного поля на внутреннее движение электронов в атомах, которое при не очень высоких

температурах не подвержено влиянию тепловых столкновений между атомами. Разупорядочивающее влияние тепловых столкновений на парамагнитный ориентационный эффект определяется соотношением величин энергий теплового движения и внешнего поля  $H$  (подставляя вместо  $k$  и  $\mu$  их численные значения соответственно  $\sim 10^{-16}$  эрг/град и  $\sim 10^{-20}$  эрг/эрстед, можно получить также две области температур или полей, где превалирует эффект поля или теплового движения, а именно:  $H > 10^4 T$  и  $T > 10^4 H$  соответственно).

Очень интересен и практически важен случай, когда в веществе существует очень сильное внутреннее взаимодействие, энергия которого  $E_{\text{магн}}$  существенно зависит от взаимной ориентации векторов магнитных моментов соседних атомных магнитиков. С появлением квантовой механики было установлено, что такие мощные взаимодействия между электронами, зависящие от взаимной ориентации их магнитных моментов, существуют в атомах, молекулах и в конденсированных телах — жидкостях и кристаллах. Это взаимодействие оказалось электрическим по своему происхождению и обусловленным особыми квантовыми свойствами электронов. Величина этого особого электрического взаимодействия, зависящего от ориентации магнитных моментов электронов, составляет  $\sim 10^{-13}$  эрг (на пару атомов); оно носит название обменного взаимодействия<sup>1</sup>. Таким образом, величина соответствующей критической температуры  $T_{\text{кр}}$  будет порядка  $1000^{\circ}\text{K}$ .

Обменные силы могут благоприятствовать либо параллельной ориентации магнитных моментов соседних атомов (рис. 11), либо их антипараллельной ориентации (рис. 12). Таким образом, в телах с сильным обменным взаимодействием возможны два типа

<sup>1</sup> При сближении двух атомов электрическое взаимодействие между всеми электронами и ядрами увеличивается. При этом, помимо классического кулоновского отталкивания, между электронами возникает еще одно электрическое взаимодействие, которое связано с тем, что электроны двух атомов в молекуле непрерывно обмениваются местами (это является прямым следствием полной физической тождественности обоих электронов). Величина этого обменного электрического взаимодействия зависит от взаимной ориентации спинов электронов. Здесь возможны два случая: минимуму энергии соответствует либо параллельная их ориентация, либо — антипараллельная. В первом случае молекула находится в парамагнитном, а во втором — в диамагнитном состоянии. ✕

магнитных состояний: 1 — со спонтанным параллельным упорядоченным распределением атомных магнитных моментов, носящим название ферромагнетизма, и 2 — с антипараллельным упорядоченным распределением моментов, носящим название антиферромагнетизма. На рисунках видно, что в твердых телах мы имеем дело с кристаллической пространственной решеткой магнитных моментов. В ферромагнетиках эта «магнитная решетка» совпадает с кристаллохимической, а в случае антиферромагнетиков (см. рис. 12) в кристалле включены две взаимно проникающие магнитные «подрешетки»; каждая в отдельности намагничена ферромагнитно, но в сумме они компенсируют друг друга, поэтому антиферромагнетик не имеет результирующего спонтанного магнитного момента. Однако антиферромагнетик отличается по своей физической магнитной структуре от парамагнетика, поскольку в последнем отсутствует упорядоченное распределение атомных магнитных моментов.

Может быть еще один случай магнитных упорядоченных состояний, когда обменное взаимодействие благоприятствует антипараллельному упорядоченному распределению атомных магнитных моментов (см. рис. 12), однако величина этих моментов в разных подрешетках различна (например, из-за различия атомов, расположенных в узлах разных подрешеток) или же моменты одинаковы, но число их в подрешетках различно. Таким образом, несмотря на антиферромагнитный характер обменного взаимодействия, появляется отличная от нуля разность магнитных моментов подрешеток. Такое магнитное состояние внешне неотличимо от ферромагнитного, но в силу их внутреннего различия такие состояния принято называть некомпенсированным антиферромагнетизмом или ферримагнетизмом (впервые такое состояние было обнаружено у соединений — окислов металлов типа  $MeO \cdot Fe_2O_3$ , носящих название ферритов).

Очевидно, ферро- и антиферромагнитные упорядоченные структуры атомных магнитных моментов могут иметь место только при температурах ниже критической, когда тепловое движение не в состоянии разрушить полностью магнитный порядок в веществе. С повышением температуры от  $0^\circ K$  магнитный порядок начинает постепенно разрушаться хаотическим тепловым движением: при критической температуре этот процесс за-

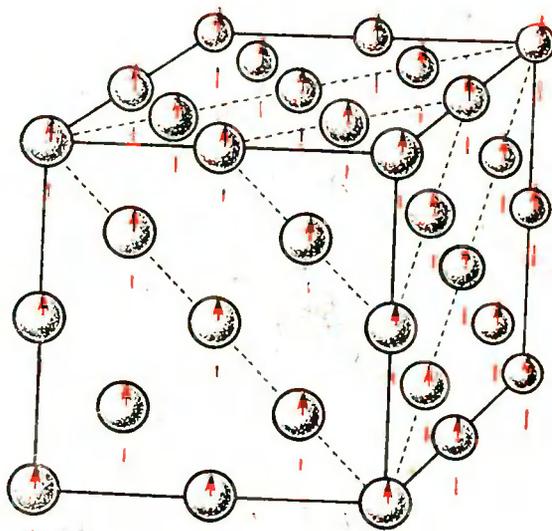


Рис. 11. Типичная картина ферромагнетика. Все атомные магнитные моменты направлены в одну сторону

канчивается, магнитный порядок полностью исчезает и вещество превращается в парамагнетик. Критическая температура исчезновения магнитного порядка в ферромагнетиках называется точкой Кюри, а в антиферромаг-

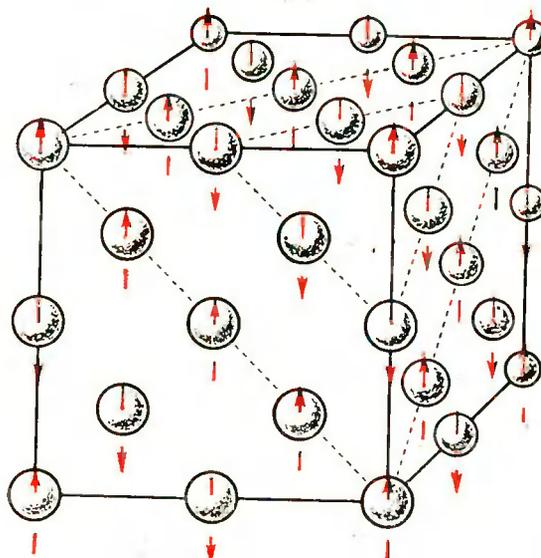


Рис. 12. Типичная картина антиферромагнетика. Атомные магнитные моменты образуют две одинаковые подрешетки с равными, но противоположно направленными намагниченностями

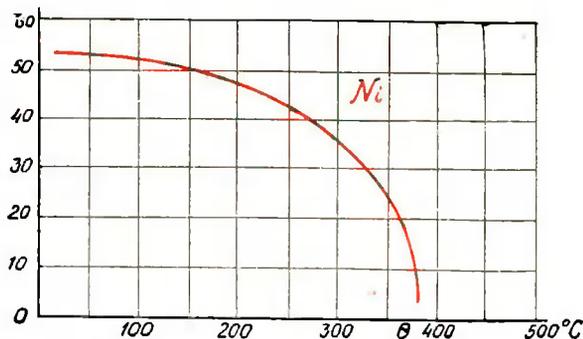


Рис. 13. Температурная зависимость самопроизвольной намагниченности  $\sigma$  ферромагнетика. Намагниченность максимальна при абсолютном нуле и исчезает в точке Кюри  $\theta$

нетиках и ферримагнетиках — точкой Нееля. На рис. 13 представлены типичные температурные зависимости спонтанной намагниченности ферро- или ферримагнетиков, а также намагниченностей подрешеток антиферромагнетиков. Любопытно отметить, что и все другие немагнитные физические свойства ферро- и антиферромагнетиков «чувствуют» атомный магнитный порядок и поэтому отличаются от соответствующих физических свойств пара- или диамагнитных веществ. Особо резкие отличия (или так называемые аномалии) наблюдаются вблизи критических температур. На рис. 14 в качестве примера приведена «ферромагнитная аномалия» удельной теплоемкости для железа, которая имеет характерный максимум в точке Кюри.

Какие же вещества в твердом кристаллическом состоянии могут находиться в ферро- или антиферромагнитном состоянии? Очевидно, лишь те, атомы которых обладают нескомпенсированными магнитными моментами. Рассмотрим сначала кристаллы чистых элементов. Прежде всего следует вспомнить законы построения электронных оболочек атомов химических элементов. Номер  $Z$  в таблице Менделеева равен числу электронов в оболочке атома соответствующего элемента. При построении электронной оболочки атома действует строгий «жилищный закон», так называемый принцип запрета Паули, согласно которому на каждую «орбиту» в атоме можно посадить не больше двух электронов с антипараллельными спинами. Как известно, состояние электрона в атоме характеризуется четырьмя квантовыми числами: главным  $n$ , орбитальным  $l$ , магнитным  $m$  и,

наконец, спиновым квантовым числом  $\sigma = \pm 1/2$ . При данных значениях главного и орбитального квантовых чисел ( $n, l$ ) есть  $2(2l + 1)$  места для электронов; совокупность этих мест образует слой атомной электронной оболочки. Застройка начинается с первого слоя:  $n = 1$  и  $l = 0$ , заполняется он двумя электронами с  $\sigma = \pm 1/2$ . В атомной физике приняты следующие обозначения слоев: первая цифра — главное квантовое число  $n$ , а для азимутальных приняты буквенные обозначения:  $l = 0$  обозначается буквой  $s$ ;  $l = 1$  —  $p$ ;  $l = 2$  —  $d$ ;  $l = 3$  —  $f$ ,  $l = 4$  —  $g$  и т. д. В таблице 1 приведена «правильная» последовательность заполнения слоев электронной оболочки. Однако фактически эта последовательность нарушается. Первое нарушение начинается, когда должен застраиваться  $3d$ -слой. Оказывается, энергетически более выгодно застраивать следующий  $4s$ -слой. Эта «аномалия» имеет место для элементов калия и кальция. Только у скандия начинается запоздалое заполнение  $10$ -местного  $3d$ -слоя, которое завершается лишь у атома меди. Таким образом, в таблице Менделеева есть группа из восьми элементов (скандий, титан,

Таблица 1

Последовательное заполнение слоев электронной оболочки атома

n	l						Полное число электронов в слоях с данными n
	0	1	2	3	4	5	
	s	p	d	f	g	h	
1	1 s <sup>2</sup>						2
2	2 s <sup>2</sup>	2 p <sup>6</sup>					8
3	3 s <sup>2</sup>	3 p <sup>6</sup>	3 d <sup>10</sup>				18
4	4 s <sup>2</sup>	4 p <sup>6</sup>	4 d <sup>10</sup>	4 f <sup>14</sup>			32
5	5 s <sup>2</sup>	5 p <sup>6</sup>	5 d <sup>10</sup>	5 f <sup>14</sup>	5 g <sup>18</sup>		50
6	6 s <sup>2</sup>	6 p <sup>6</sup>	6 d <sup>10</sup>	6 f <sup>14</sup>	6 g <sup>18</sup>	6 h <sup>22</sup>	72

В первом столбце главные квантовые числа, второй столбец и последующие до седьмого соответствуют орбитальным квантовым числам  $l = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ , которые соответственно обозначаются:  $s, p, d, f, g, h$ . Первая цифра в записях типа  $4p^6$  означает величину главного квантового числа, буква — значение орбитального, а цифра вверху справа полное возможное число электронов в соответствующем слое, допускаемое принципом Паули. В последнем — восьмом столбце показано полное число электронов в слоях с данным главным квантовым числом  $n$ .

Таблица 2

Заполнение внешних электронных слоев  
в оболочках атомов элементов переходных групп

Z	Элемент	Заполнение d (f) и валентных слоев	Группа	Z	Элемент	Заполнение d (f) и валентных слоев	Группа
21	Sc.	3d 4s <sup>2</sup>	железа	39	Y	4d 5s <sup>2</sup>	палладия
22	Ti	3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>		40	Zr	4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	
23	V	3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>		41	Nb	4d <sup>4</sup> 5s	
24	Cr	3d <sup>5</sup> 4s		42	Mo	4d <sup>5</sup> 5s	
25	Mn	3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>		43	Tc	4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup>	
26	Fe	3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>		44	Ru	4d <sup>7</sup> 5s	
27	Co	3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>		45	Rh	4d <sup>8</sup> 5s	
28	Ni	3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>		46	Pd	4d <sup>10</sup>	
29	Cu	3d <sup>10</sup> 4s		47	Ag	4d <sup>10</sup> 5s	
57	La	5d 6s <sup>2</sup>		редких земель	71	Lu	
58	Ce	4f 5d6s <sup>2</sup>	72		Hf	5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	
59	Pr	4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	73		Ta	5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	
60	Nd	4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	74		W	5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	
61	Pm	4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	75		Re	5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	
62	Sm	4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	76		Os	5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	
63	Eu	4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	77		Ir	5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	
64	Gd	4f <sup>7</sup> 5d6s <sup>2</sup>	78		Pt	5d <sup>9</sup> 6s	
65	Tb	4f <sup>8</sup> 5d6s <sup>2</sup>	79		Au	5d <sup>10</sup> 6s	
66	Dy	4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	актинид		89	Ac	6d 7s <sup>2</sup>
67	Ho	4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>		90	Th	6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	
68	Er	4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>		91	Pa	5f <sup>2</sup> 6d7s <sup>2</sup>	
69	Tu	4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>		92	U	5f <sup>3</sup> 6d7s <sup>2</sup>	
70	Vb	4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>					

ванадий хром, марганец, железо, кобальт, никель), у которых атомы имеют недостроенный 3d-слой электронной оболочки. Такие элементы называются переходными, а данная группа называется переходной группой железа (см. табл. 2). Запоздывание с застройкой 4d-слоя наблюдается у восьми переходных элементов группы палладия от иттрия до палладия. Достройка 4f-слоя наблюдается для редкоземельных элементов (лантанидов), от лантана до иттербия. Достройка 5d-слоя происходит у восьми элементов группы платины, от лютеция до платины. Наконец, для 6d- и 5f-слоев достройка имеет место у элементов самого конца таблицы Менделеева, для группы актинидов, от актиния до урана и трансурановых искусственных элементов. Самым существенным является то, что у ато-

мов переходных элементов недостроенные d- или f-слои обладают всегда нескомпенсированными спиновыми и орбитальными магнитными моментами, т. е. являются существенно парамагнитными. Таким образом, парамагнетизм свободных атомов определяется электронами недостроенных внешних (валентных) слоев электронной оболочки и внутренними недостроенными слоями в атомах переходных элементов. В атомах нормальных (не переходных) элементов магнитно активными являются только недостроенные валентные слои, все же внутренние слои у этих атомов полностью достроены и имеют нулевой результирующий магнитный момент, поэтому они дают вклад только в диамагнитную восприимчивость атома. Атомы переходных элементов и в кристаллическом состоянии могут сохранить свои парамагнитные свойства, характерные для их изолированного состояния (по крайней мере частично). Именно поэтому только в переходных металлах и наблюдаются магнитно упорядоченные состояния — ферро- и антиферромагнетизм.

Приведенное перечисление показывает, что из 92 элементов таблицы Менделеева почти половина (точнее 42) — переходные. Однако не все они в чистом виде обладают магнитным атомным порядком. Только пример-

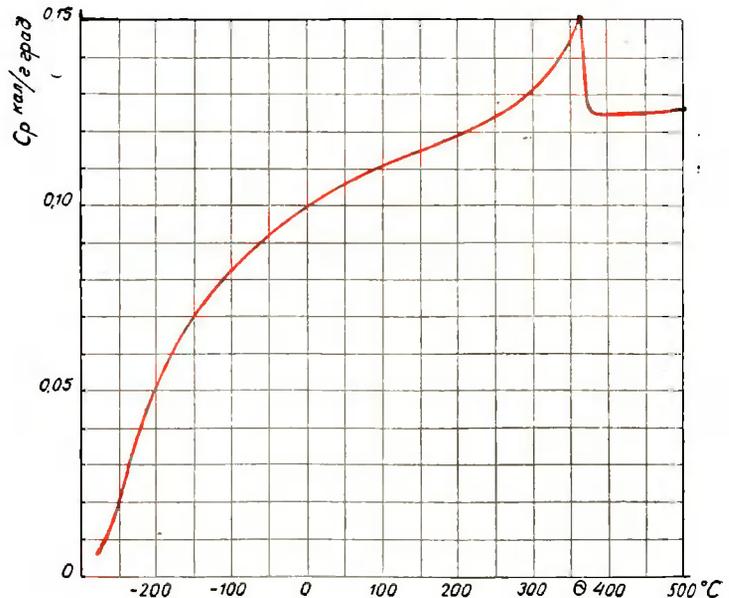


Рис. 14. Ферромагнитные аномалии теплоемкости  $C$  близ точки Кюри  $\theta$  для никеля

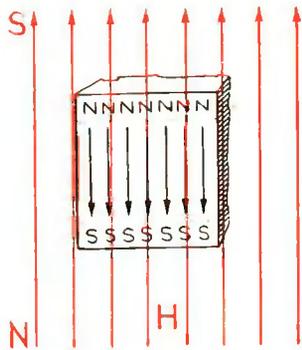


Рис. 15. Размагничивающий эффект поверхности намагниченного ферромагнитного образца. Поле, создаваемое полюсами образца внутри материала, направлено против внешнего поля  $H$

но у половины из них обнаружили ферро- и антиферромагнетизм. Ферромагнетиками являются три металла из группы железа: железо, кобальт и никель, а также редкоземельные металлы: гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий. Антиферромагнетизм обнаружен у двух элементов группы железа — хрома и марганца — и у некоторых элементов группы редких земель: неодима, самария, европия и др. Есть некоторые основания предполагать, что антиферромагнетизм наблюдается еще у ванадия, палладия и платины. Остальные переходные металлы — это парамагнетики такого же типа, как и щелочные металлы, но с большей величиной парамагнитной восприимчивости и с более сложной температурной зависимостью.

Кроме чистых переходных металлов, ферро- и антиферромагнетизм наблюдаются в многочисленных металлических сплавах и неметаллических соединениях. При этом обязательным условием существования в этих сложных кристаллах ферро- или антиферромагнетизма (а также и ферримagnetизма) является присутствие хотя бы одного переходного элемента, парамагнитные ионы которого и обуславливают возможность реализации в кристалле соединения или сплава состояний с атомным магнитным порядком.

В настоящее время мы располагаем очень мощным средством прямого опытного изучения распределения и величины магнитных атомных моментов, расположенных в узлах кристаллической решетки, которое окончательно подтвердило правильность теоретических представлений о двух типах атомного магнитного порядка — ферро- и антиферромагнитного. Микрондами магнитного атомного порядка могут служить пучки ней-

тронов, которые обладают магнитным моментом, и поэтому могут взаимодействовать с магнитными моментами атомов в кристаллах.

В результате этого взаимодействия получается диффракционная картина рассеянных в кристалле нейтронов, по которой можно судить о магнитном порядке и его типе. Изучая некоторые другие тонкости магнитного рассеяния нейтронов, можно, кроме того, определить величину атомных магнитных моментов, их пространственное распределение, а также температурную зависимость.

Как же ведут себя ферромагнитные вещества во внешних магнитных полях? Из опыта известно, что если обычный ферромагнитный образец конечных размеров медленно охлаждать от температур выше точки Кюри в «магнитной защите» (т. е. в замкнутом полом сосуде, стенки которого сделаны из мягкого железа), предохраняющей образец от действия внешних магнитных полей, включая и магнитное поле Земли, то ферромагнитный образец в таком «естественном» состоянии оказывается в целом всегда ненамагниченным.

На первый взгляд может показаться, что этот факт противоречит утверждению, что в ферромагнетике ниже точки Кюри всегда существует параллельный порядок для атомных магнитных моментов. Но на самом деле здесь просто проявляется еще одно физическое явление, которое приводит к разрушению результирующей намагниченности во всем объеме образца. Если бы

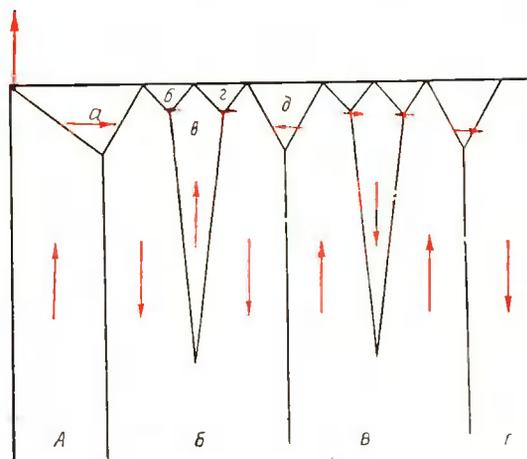
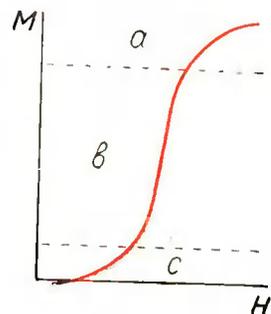


Рис. 16. Разбиение ферромагнетика на домены

в конечном образце возникла при охлаждении результирующая намагниченность в отсутствие внешнего магнитного поля, то на его концах появились бы магнитные полюсы (рис. 15), что сейчас же привело бы к созданию в окружающем пространстве сильного магнитного поля, обладающего большой энергией. Если намагничивание произойдет без появления такого большого собственного поля, то получится большой выигрыш в энергии. Так и происходит в описанном опыте, где образец разбивается на отдельные малые макроскопические области (домены), каждая из которых имеет спонтанный ферромагнитный момент, но сумма моментов по всем областям образца равна нулю (рис. 16). Гипотеза о существовании ферромагнитных доменов была высказана еще в 1907 г. французским физиком П. Вейссом и доказана теоретически Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшицем в 1935 г. В настоящее время разработано несколько экспериментальных методов обнаружения доменной структуры ферромагнитных тел (например, при помощи осаждения тонкого магнитного порошка на выходе границ между доменами на внешней поверхности образца). Намагничивание ферромагнетика во внешнем магнитном поле осуществляется двумя основными процессами изменения его доменной структуры. Во-первых, домены, с направлениями намагниченности, более близкими к направлению внешнего магнитного поля, будут разрастаться за счет «поедания» объема своих менее выгодных намагниченных соседей. Этот процесс называется смещением границ между доменами. Во-вторых, в каждом из доменов будет происходить поворот векторов намагниченности в направлении внешнего магнитного поля (процесс вращения). Смещение границ между доменами и вращение векторов намагниченности в доменах и обуславливают вид зависимости результирующей намагниченности ферромагнитных образцов от величины магнитного поля, т. е. форму «кривой намагничивания» (рис. 17). Каждому участку кривой можно сопоставить определенный тип процессов намагничивания, как основной процесс. Начальный пологий участок кривой соответствует обратимым (упругим) процессам смещения доменных границ. Следующему участку, где кривая резко, почти вертикально поднимается вверх, отвечают необратимые, скачкообразные смещения границ между доменами. Третьему, пологому участку кривой отвечает в основном намагничи-

Рис. 17. Типичная кривая намагничивания  $M$  ферромагнетика и ее «участки»:  $a$  — процессы вращения;  $b$  — процессы необратимого смещения границ;  $c$  — процессы обратимого смещения границ;  $H$  — внешнее магнитное поле



вание за счет процессов вращения. Последний, четвертый участок кривой намагничивания соответствует практически неизменной величине намагниченности ферромагнетика, т. е. магнитному насыщению.

Доменная структура ферромагнетиков весьма чувствительна к малейшим структурным неоднородностям их кристаллической решетки (атомы примесей, вакансии в узлах решетки, дислокации, остаточные напряжения, границы между кристаллитами в поликристаллах и т. п.); поэтому процессы смещения границ между доменами оказываются существенно необратимыми, что приводит к явлениям магнитного гистерезиса, т. е. однозначной связи намагниченности ферромагнетика с магнитным полем. Величина противоположно направленного поля достаточная, чтобы размагнитить ранее намагниченный ферромагнитный образец, называется коэрцитивной силой, а величина намагниченности, сохранившаяся в образце при выключенном магнитном поле, — остаточной намагниченностью. Кривая зависимости намагниченности от поля в ферромагнетике при полном цикле изменения величин и направлений магнитного поля описывает замкнутую петлю — петлю гистерезиса. Разные ферромагнетики имеют различные по величине и форме петли гистерезиса. По величине этих петель ферромагнитные материалы можно разделить на два больших класса — мягкие ферромагнетики с очень узкой петлей гистерезиса (очень малой коэрцитивной силой, рис. 18) и жесткие или высококоэрцитивные ферромагнитные материалы — с широкой петлей гистерезиса, т. е. с большими значениями коэрцитивной силы (рис. 18). Мягкие материалы идут на изготовление изделий, в которых стремятся максимально уменьшить потери энергии на перемагничивание (например, трансформаторное железо),

а жесткие незаменимы при изготовлении постоянных магнитов, в которых остаточная намагниченность должна быть по возможности максимальной, т. е. близкой к магнитному насыщению. Глубокое понимание физической природы ферромагнитного состояния вещества, изложенное здесь лишь в самой общей форме, чрезвычайно плодотворно способствовало разработке новых ферромагнитных материалов. Электроника, радиотехника, радиоэлектроника, ядерная техника, машинная математика и т. п. используют в своих машинах, приборах и аппаратах совершенные магнитные материалы, обеспечивающие надежную их работу в сложнейших эксплуатационных условиях.

Недостаток места не позволяет продолжить описание магнитных свойств других веществ, кроме ферромагнетиков. Упомянем лишь, что чрезвычайно интересны магнитные свойства антиферромагнетиков, полупроводников, сверхпроводников и т. д. Огромный интерес представляет изучение ядерного магнетизма, который, несмотря на то, что он в тысячи раз слабее электронного магнетизма, открыл неисчерпаемые возможности для изучения самых тонких нюансов в структуре кристаллических твердых тел. Необычайно интересны также эффекты воздействия на вещество внешних переменных (со временем) магнитных полей. В частности, особый интерес представляют эффекты совместного действия постоянных внешних или внутренних магнитных полей и внешних высокочастотных полей. Это приводит к явлениям так называемого магнитного резонансного поглощения энергии электромагнитного поля в магнетиках (магнитный резонанс), представляющих содержание целой новой отрасли физической науки — магнитной радиоспектроскопии<sup>1</sup>, основы которой были заложены в трудах В. К. Аркадьева в начале нашего века. Можно было бы указать еще много новых областей науки,

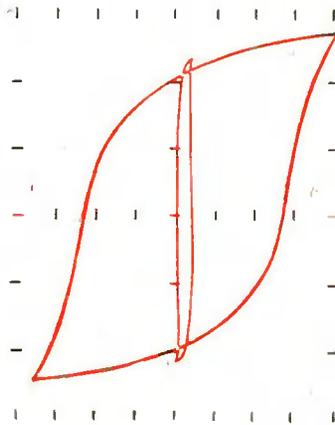


Рис. 18. Типичные петли гистерезиса для мягких (узкая петля) высококоэрцитивных (широкая петля) магнитных материалов

выросших за последнее время и связанных с универсальностью магнитных свойств материи.

Очень важны для изучения структуры космических тел их магнитные свойства. До сих пор нет общепризнанной теории происхождения магнетизма Земли и других планет, магнетизма Солнца и других звезд, а также магнитных полей в межзвездном пространстве.

#### РАЗЛИЧНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНЕТИЗМА В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Одно из наиболее «приятных» и «удобных» свойств магнетизма при его научных и технических применениях — практическая возможность легко, а главное, быстро и точно измерить магнитные величины. Эти измерения могут производиться в любых внешних условиях (конечно, если они не уничтожают самого измеряемого магнитного свойства) и, что очень важно, не требуют разрушения измеряемого объекта.

Измерения различных магнитных характеристик позволяют производить качественный и даже количественный анализ химического состава данного материала, определять валентность компонент химического соединения в конденсированной фазе (кристалле), электронную структуру атомов малых примесей в разбавленных растворах (сплавах), детали механизма фазовых превращений в твердых телах, изучать закономерности явлений диффузии в кристаллах.

Магнитные измерения открывают новые возможности для физического металловедения и химии при построении фазовых диаграмм и фазовом анализе сплавов и химических соединений, дают незаменимые в ряде случаев способы изучения самой кинетики фазовых превращений в твердых телах, возможность независимым и неразрушающим образом определять форму, размеры и химический состав продуктов распада твердых растворов в течение всего временного хода этого процесса. Магнитные измерения позволяют подойти к проблеме изучения механизма пластической деформации и ре-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1962, № 5, стр. 20—24.

альной кристаллической структуры твердых тел. Здесь используется высокая структурная чувствительность ряда магнитных характеристик, «чувствующих» малейшие искажения кристаллической решетки, вызываемые дислокациями, атомами внедрения и замещения в сплавах, вакансиями в узлах решетки и т. п.

В технике магнитноструктурный анализ открыл широкие возможности для разработки неразрушающих методов контроля качества промышленной продукции в самых разнообразных отраслях промышленности. Быстрота, относительная легкость и дешевизна магнитных измерений позволяют создать удобную для производственных условий магнитную контрольную аппаратуру для сплошного неразрушающего контроля качества всей выпускаемой продукции.

Не менее важны магнитные методы исследования и в химии. Магнитные свойства молекул позволяют многое сказать об изменениях в электронных оболочках атомов при их соединении в молекулу. Измеряя магнитные свойства молекул и сравнивая их с магнитными свойствами отдельных атомов, из которых построена данная молекула, можно судить об электронной природе химических связей в молекулах. Такие магнитные исследования составляют основу целой научной отрасли — магнетохимии. Методы магнетохимии нашли широкое распространение и при изучении природы химических связей в конденсированных средах — жидкостях и кристаллах. Здесь очень большую помощь физико-химики и физики (при изучении природы химической связи) получают от применения методов магнитной радиоспектроскопии (парамагнитного электронного и ядерного магнитного резонанса)<sup>1</sup>.

Распространение магнитных методов исследования на изучение более сложных молекулярных образований — органических соединений, белков и т. п. — представляет весьма актуальный интерес для биохимии и биофизики. Здесь магнетохимические исследования безусловно будут одним из важнейших средств исследования.

Магнетизм также завоевал прочные позиции в геофизике (а вместе с ней и в геологии). Здесь можно упомянуть о магнитных

методах разведки полезных ископаемых, о проблемах земного магнетизма, об определении возраста и закономерностей образования различных пород земной коры по характеру намагниченности горных пород (палеомагнетизм) и т. п.

Мы привели длинный список научных и технических применений магнетизма, который можно было бы во много раз увеличить, но еще ничего не сказали об основном техническом применении магнетизма при изготовлении самых разнообразных машин, приборов и аппаратов буквально во всех отраслях современной техники. Если в древности (и до середины прошлого столетия) практическое применение магнитных свойств вещества ограничивалось лишь одним компасом, то теперь их такое огромное количество, что мы можем лишь кратко перечислить названия главнейших из них.

Одним из важнейших потребителей (по крайней мере в количественном отношении) магнитных материалов в настоящее время продолжает быть электротехника. Здесь на первом месте стоят генераторы электрического тока. Ежегодно в мире производится много сот тысяч тонн динамного железа (сплава железа главным образом с кремнием до 3—5%) — мягкого магнитного материала, идущего на изготовление электрических генераторов самых различных размеров — от гигантских машин Братской ГЭС до миниатюрных генераторов размеров в несколько миллиметров. Еще больше магнитных материалов поглощают электромоторы или электродвигатели.

Широко применяются магнитные материалы в устройствах для передачи электроэнергии. Для этой цели служат многочисленные трансформаторы. Сердечники трансформаторов делаются из специального мягкого магнитного материала — трансформаторного железа, которое так же, как и динамное железо, изготавливается в сотнях тысяч тонн. В практике используется огромное количество различных типов трансформаторов — от гигантских аппаратов огромной мощности до самых миниатюрных трансформаторов, используемых в современной радиоэлектронной аппаратуре.

Важное и самостоятельное применение в современной технике получили электромагниты. Среди технических и научных применений электромагнитов можно упомянуть гигантские электромагниты в ускорителях ядерных частиц, в мощных магнитных

<sup>1</sup> См. «Природа», 1957, № 2, стр. 14—24; 1962, № 5, стр. 20—24.

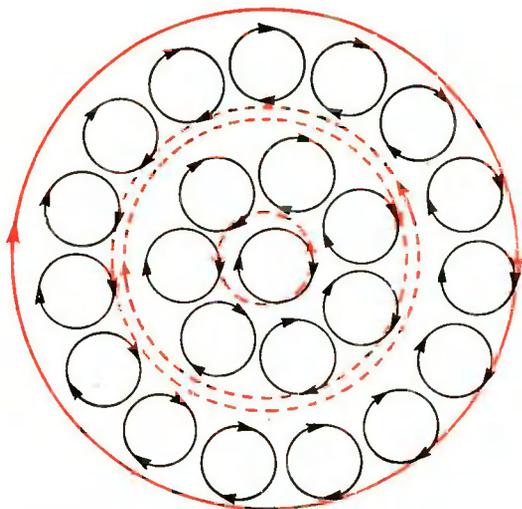


Рис. 19. Поверхностный (скин-) эффект в металлическом образце. Внутренние вихревые токи взаимно компенсируются, остается только поверхностный ток

ных кранах для переноски тяжелых изделий из магнитных материалов; чрезвычайно широко они используются во всех радиотехнических, радиоэлектронных устройствах, в автоматике и телемеханике. Очень важными техническими приборами с использованием электромагнитов являются электромагнитные реле.

Постоянные магниты — незаменимые элементы в громкоговорителях, микрофонах и электроизмерительных приборах. Интересно отметить, что благодаря очень хорошему качеству высококоэрцитивных материалов, идущих на изготовление изделий из постоянных магнитов, последние могут удерживать притянутые к ним детали из мягких магнитных материалов, по весу во много раз превышающих вес самого постоянного магнита.

Для машин, аппаратов и приборов, которые должны работать в условиях высоких частот, магнитные материалы из металлических ферромагнитных сплавов часто не могут быть использованы. Это связано с тем, что с повышением частоты электромагнитного поля, прикладываемого к этим материалам, в них очень резко возрастают вредные потери энергии, затрачиваемой на образование вихревых токов (токов Фуко). Магнитное поле этих вихревых токов направлено против намагниченности самого материала. В металле из-за явления элек-

тромагнитной индукции электромагнитное поле высокой частоты как бы выталкивается к поверхности образца, и в результате в намагничивании участвует только тонкий поверхностный слой материала. Это явление носит название поверхностного или скин-эффекта (рис. 19). Для уменьшения потерь энергии на вихревые токи якоря динамомашинок и электромоторов, сердечники трансформаторов и т. п. изготавливают из тонких листов, изолированных друг от друга диэлектрическими прокладками. Такой способ изготовления магнитопроводов электрических машин и аппаратов как бы увеличивает электросопротивление магнитопроводов и тем самым приводит к снижению потерь энергии на вихревые токи. Однако при очень высоких частотах, когда глубина эффективного проникания электромагнитного поля в металл становится очень малой, использование даже самых тонколистовых металлических материалов не спасает положения. Кроме того, при очень тонких металлических образцах в них из-за своеобразных изменений доменной структуры происходит ухудшение свойств мягкого магнитного материала, что приводит к дополнительным потерям на гистерезис. Поэтому в связи с бурным развитием техники сверхвысокой частоты (СВЧ) возникла насущная необходимость в разработке нового класса неметаллических — диэлектрических или полупроводниковых ферромагнетиков, у которых электросопротивление на много порядков величины выше, чем у металлов и металлических сплавов (в  $10^8$  —  $10^{20}$  раз!). Поэтому в них при сверхвысокочастотном намагничивании не возникают сколько-нибудь заметные вихревые токи и связанные с ними вредные потери энергии. Такие ферромагнитные полупроводники были найдены еще в 30-х годах нашего столетия, но их широкое практическое применение началось лишь в конце второй мировой войны. Одним из наиболее распространенных типов таких веществ оказались сложные металлические окислы с общей химической формулой  $MeO \cdot Fe_2O_3$ , где  $Me$  какой-нибудь из металлов: железо, никель, кобальт, марганец и т. п. При определенной их обработке и при изготовлении из них более сложных соединений, путем, например, их смешивания в определенных пропорциях (так называемые смешанные ферриты), из них можно приготовить мягкие полупроводниковые ферромагнитные материалы — ферриты (или оксиферы), которые уже нашли

необычайно широкое применение в современной технике СВЧ. Сейчас ферромагнитные полупроводники — ферриты являются поистине одним из самых важных современных технических материалов, их ежегодно изготавливают сотнями тысяч тонн.

Заканчивая наш краткий обзор, упомянем еще о нескольких практических применениях магнетизма — прежде всего о магнитном способе записи звука, основанном на использовании остаточной намагниченности в жесткой ферромагнитной проволоке или в специально изготовленной магнитной ленте. Звуковые сигналы трансформируются в электромагнитные импульсы, передаются на ленту и при помощи остаточной намагниченности «записывают» звук (рис. 20).

Не менее важно применение магнитных материалов в ультразвуке в качестве излучателей и приемников ультразвука. Ферромагнитный образец при его перемагничивании удлиняется или сжимается (магнитострикция), а при сжатии или растяжении изменяется его намагниченность. Отсюда ясен принцип устройства магнитострикционных излучателей и приемников

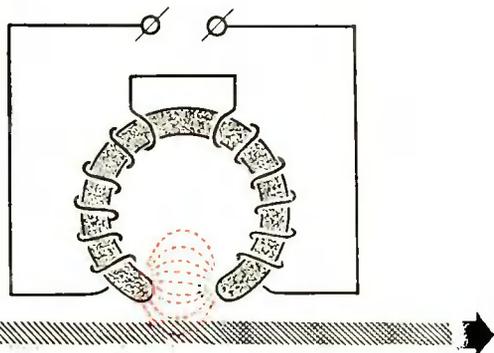


Рис. 20. Магнитная звукозапись. После пересечения лентой переменного магнитного поля звуковой частоты на ней созданы участки неоднородной намагниченности, точно воспроизводящие записываемый звук

звуча. Такие преобразователи звука приобрели важное значение в ультразвуковой технике, особенно в морской навигации.

Магнитные и магнитострикционные материалы широко используются в военной технике. Большие перспективы у магнитных приборов в космической технике, в управлении ракетами.

## КОРОТКО О КНИГАХ

**Норбер Костере**

**ЗОВ БЕЗДНЫ**

Географгиз, 1962, 168 стр.,  
ц. 49 коп.

Подземный мир... Он огромен, мрачен и таинственен. Бесчисленны опасности, подстерегающие на каждом шагу, необыкновенны приключения. Норберу Костере, знаменитому французскому исследователю пещер, было всего пять лет, когда он впервые попал в пещеру, и с тех пор бездна неуязвимо зовет его. 40 лет из 60 провел он в мире безмолвия, уединения и мрака. «Зов бездны» — итог экспедиции Костере в Пиренси (1956—1959 гг.),

увлекательный рассказ человека, влюбленного в свою профессию спелеолога, чье сердце охвачено страстью к научным проблемам и загадкам, с которыми он всегда сталкивается в таинственном мире пещер.

Человек спускается под землю не только для того, чтобы изучить неизвестную пропасть, одержать над ней победу или совершить открытие. Его интересует и жизнь, приспособленная к столь необычной среде, где царит вечная мгла, а атмосфера насыщена парами воды. Биоспелеология — одна из наиболее молодых отраслей естественных наук, тем не менее она дала уже немало инте-

ресных наблюдений. У пещерных животных великолепно развиты органы слуха и обоняния. Органом осязания у них служат высокочувствительные усики, всякого рода щупальца и волосистой покров. И самое удивительное животное среди других обитателей пещер — летучая мышь.

Не без юмора рассказывает Костере о первой радио- и телепередаче из-под земли, в которых ему довелось участвовать. Радио донесло до наземных слушателей серебристую песню капель, падающих со сводов пещер, а телезрители увидели подземный дворец — гигантский грот Бейдейя.

# «ПОТЕПЛЕНИЕ» АРКТИКИ и фауна высоких широт

С. М. Успенский

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Как реагировали на потепление «жители» тундр? \* Обгоняя кустарники... \* Ящики и навигационные знаки — места гнездовий \* Впереди — «молодежь»! \* Куда отступили «северяне»? \* Предприимчивые новоселы \* Заполнение пустот или следствие непрерывного изменения климата?

## НЕВИДАННОЕ КОЛЕБАНИЕ КЛИМАТА

В последние годы внимание географов, особенно биогеографов, все больше привлекает проблема климатических изменений, происшедших на земном шаре с середины-конца прошлого столетия, вызванных усилением циркуляции атмосферы. Сильнее других изменился климат северных полярных стран — наступило так называемое потепление Арктики. Здесь, начиная с 1919—1920 гг., в зимние месяцы заметно выше стала температура воздуха, а летом — его влажность, поднялась температура воды и уменьшилась ледовитость в море, значительно раньше начал сходить снег, стали вскрываться реки и озера. За этот же период опустился уровень вечной мерзлоты, отступили и уменьшились в размерах ледники. По мнению В. Ю. Визе и большинства климатологов, это вообще самое большое из когда-либо отмеченных со времени изобретения термометра колебаний климата<sup>1</sup>.

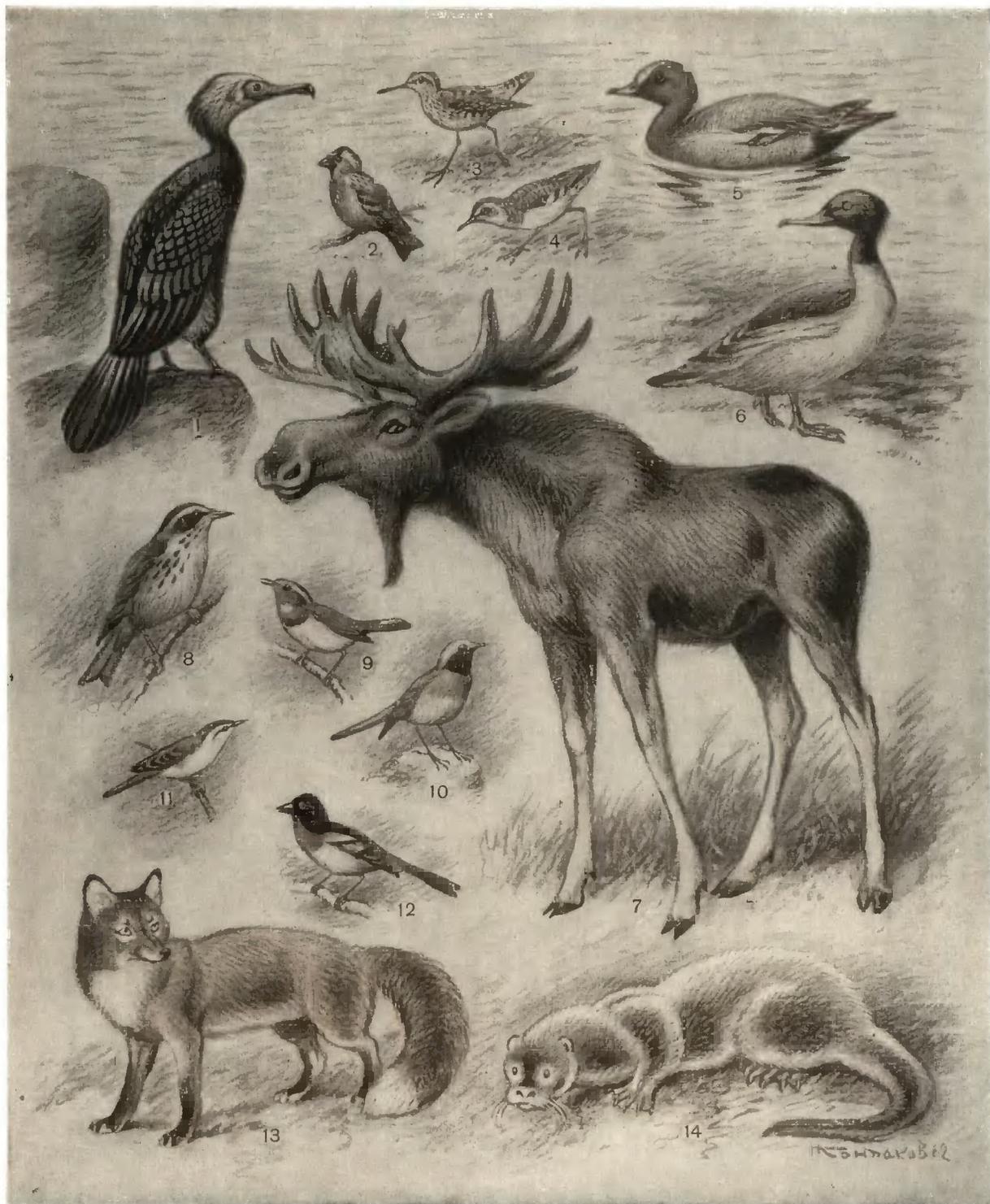
Изменения в органическом мире, происшедшие за этот период, были лучше всего прослежены в средних широтах Европы. О том, что происходило в Арктике и Субарктике, в частности с фауной наземных позвоночных, известно гораздо меньше, хотя решение этого вопроса особенно интересно не только в связи с резким проявлением здесь

климатических колебаний. В средних широтах облик животного мира менялся под воздействием изменений как климата, так и ландшафтов, а также в связи с хозяйственной деятельностью человека (сведение лесов, распашка земель, появление новых населенных пунктов, дорог и т. п.). Поэтому установить первопричину перемен в фауне этих областей подчас бывает невозможно. Природа Арктики и Субарктики преобразована человеком еще весьма слабо и именно здесь влияние изменений климата на фауну можно обнаружить в «чистом виде». Наконец, разрешение этого вопроса на примерах полярных стран интересно по причине простоты здешних биоценозов, решающая роль в формировании и развитии которых принадлежит климатическим условиям.

## ЛЕС И ЕГО ОБИТАТЕЛИ «НАСТУПАЮТ» НА ТУНДРУ

В отличие от средних широт, где результаты изменений климата за этот период весьма противоречивы, в Арктике и Субарктике условия обитания подавляющего большинства животных, их кормовые возможности заметно улучшились. Всюду здесь (в Скандинавии, в Европейской части СССР, Сибири, на северо-американском континенте) сдвинулись к северу границы ландшафтных зон и повысилась продуктивность наземной растительности. Лес «наступал» на тундру со скоростью 200 и даже 700 м в год и

<sup>1</sup> См. В. Ю. Визе и др. Советская Арктика. Изд. Главсевморпути, 1946, стр. 52.



Животные-новоселы, которые продвинулись на север в результате «потепления Арктики». 1 — длинноносый баклан; 2 — чечетка; 3 — перевозчик; 4 — фифи; 5 — свиязь; 6 — большой крохаль; 7 — лось; 8 — дрозд-белобровик; 9 — варакуша, 10 — горихвостка-лысушка; 11 — пеночка-весничка; 12 — вьюрок; 13 — лисица; 14 — выдра



Арктические животные, сократившие свои ареалы в результате «потепления Арктики». 1 — золотистая ржанка; 2 — средний поморник; 3 — тундряная куропатка; 4 — белая сова; 5 — чайка-бургомистр; 6 — белолобый гусь; 7 — люрик; 8 — копытный лемминг; 9 — белый медведь; 10 — песец; 11 — чернозобая гагара; 12 — камнешарка

местами северная граница его сместилась более чем на 50 км. В тундрах зарастали голые бесплодные пятна, возросла биомасса насекомых и других беспозвоночных; в водоемах, освобожденных от льда на больший срок, заметно увеличилась водная фауна. Лемминги, играющие громадную роль в жизни большинства тундровых птиц и млекопитающих, стали чаще размножаться. На п-ове Ямале, в годы наибольшего потепления зим (1930—1940) массовые размножения грызунов происходили не с обычной периодичностью, раз в 3—4 года, а — через год. В тундрах Восточной Сибири наиболее резкое потепление зим, также сопровождавшееся учащением массовых размножений леммингов, наблюдалось в пятидесятых годах. Это явление в общем можно считать нормальным, если учесть, что массовое размножение грызунов в конечном счете означает уменьшение их смертности, обычно вызываемой стечением неблагоприятных климатических условий.

Эти перемены позволили продвинуться в тундры большому числу новых видов птиц и млекопитающих. Для некоторых из них, не связанных прямо с древесной или кустарниковой растительностью, важны были лишь климатические изменения. К таким относятся: большой крохаль, морская чернеть, перевозчик, луговой конек, длинноносый баклан, большая морская чайка, пустельга, полевой дунь, болотная сова, обыкновенный бекас и береговая ласточка. Из млекопитающих — выдра.

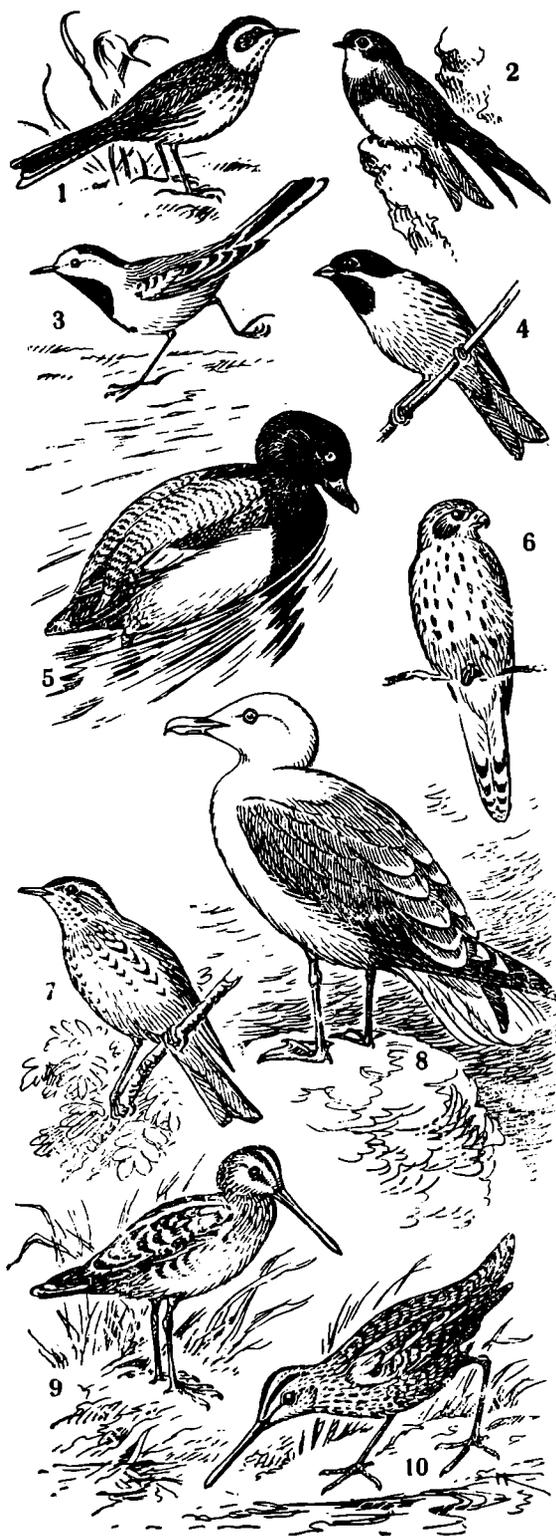
Эти виды за последние десятилетия распространились к северу или в глубь тундры на 0,5—1° по сравнению с началом столетия и теперь регулярно здесь размножаются. Из них наиболее далеко продвинулись к северу (на Ямале, по-видимому, не менее чем на 2°) свиязь и перевозчик. Оказалось возможным установить время расселения некоторых видов. Так, длинноносый баклан на Восточном Мурмане появился лишь в конце двадцатых годов. Начиная с 30-х гг. прекрасные знатоки местной фауны — ненцы, стали встречать на юге Большеземельской тундры пустельгу. Большая морская чайка впервые появилась и стала гнездиться на южном берегу Новой Земли в пятидесятых годах. Тогда же в реках Большеземельской тундры (вплоть до побережья Баренцова моря) начала попадаться выдра.

• Расселение здесь большинства этих ви-

дов, особенно птиц с продолжительным гнездовым периодом, таких как утки, пустельга, большая морская чайка, баклан, стало возможно, скорее всего, благодаря потеплению осенних месяцев в высоких широтах, а следовательно, и удлинению лета. Это обстоятельство оказалось, видимо, немаловажным и для выдры. Для других животных, например куликов, лугового конька, береговой ласточки, не менее важно было улучшение условий питания — удлинение сезона активности насекомых, повышение их биомассы.

Вторую, более обширную группу вселенцев в тундры составляют птицы и млекопитающие, тесно связанные с кустарниковой растительностью. Это мелкий сокол-дербник, из куликов — азиатский бекас, фифи, дупель, гаршнеп, дрозды белобровик и рябинник, 2 вида пеночек, камышовка-барсучок, 3 вида трясогузок, варакушка, чечетка, серый сорокопут, овсянка камышовая, овсянка-крошка. Из млекопитающих сюда переселилась лисица и, может быть, некоторые мышевидные грызуны. Большинство этих видов, по сравнению с началом столетия, продвинулось в глубь тундры также на 0,5—1°. Но и здесь были свои «рекордсмены». Например, пеночка-веснячка на Ямале распространилась к северу примерно на 2°. Возможно, что также далеко продвинулся и дрозд-рябинник, за последние десятилетия он начал гнездиться во многих районах Субарктики, в том числе в Гренландии, где даже сложилась оседлая популяция птиц. Не менее чем на 2° в глубь тундры (в частности, в Ненецком округе) проникла за это время лисица, ранее не встречавшаяся севернее лесотундры.

Учитывая, что птицы и млекопитающие этой группы до «потепления» не переселились в пределы тундровой зоны, что скорость продвижения их сюда намного превосходит скорость «наступления» кустарников, более естественно увязывать распространение этих видов главным образом с изменившимся температурным режимом, а также с кормовыми возможностями животных, а не с изменением ландшафтов. Характерно, что многие птицы уже «обогнали» кустарники, «оторвались» от них и гнездятся теперь в необычных для этих пернатых условиях. Так, гнезда чечеток в северных участках тундр можно найти в мотках проволоки, среди выбросов плавника на морском побережье, в сооружениях и постройках чело-



века. Варакушки, за неимением кустарников, строят гнезда на кучах стружек, среди кип сена. Дрозды-белобровики используют груды ящиков, навигационные знаки (створы, мигалки) и т. д.

Наконец, в тундры проник ряд видов типично лесных птиц и млекопитающих, связанных не только с кустарниковой, но и с древесной растительностью. Из них назовем ворону, сороку, снегиря, щура, вьюрка, горихвостку-лысушку, лесную завирушку, певчего дрозда, кукушку, а из млекопитающих — лося, места — лесную куницу, енотовидную собаку и, возможно, бурого медведя и рысь.

Эти виды распространились в глубь тундры большей частью на  $0,5^\circ$ . «Рекордсменами» по скорости и дальности распространения среди них стали, пожалуй, лоси. Еще в двадцатых годах они, практически, не встречались к северу от лесотундры. Теперь эти звери во многих местах стали обычными обитателями тундровой зоны и проникают вплоть до побережий северных морей<sup>1</sup>.

Интересна последовательность расселения лосей. Всюду первыми появлялись молодые животные (бычки и яловые коровы), с наступлением осени уходившие в лесотундру. Позже начинали заходить лосихи с лосятами и старые быки, причем по мере увеличения численности животных, оформлялись их регулярные миграции: в мае — июне из лесотундры к северу и в сентябре — октябре в обратном направлении. Наконец, часть лосей стала задерживаться в тундрах на круглый год, проводя зиму в зарослях приречных кустарников. Таких «зимовщиков» сейчас нередко можно встретить в Малоземельской и Большеземельской тундрах, на севере Западной Сибири. Эти животные, как зачинатели оседлой тундровой популяции, заслуживают строгой и безотлагательной охраны.

Скорость продвижения в тундры большинства видов последней группы была относительно невелика и чаще соответствовала скорости «наступления» леса и кустарников.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1959, № 6, стр. 100.

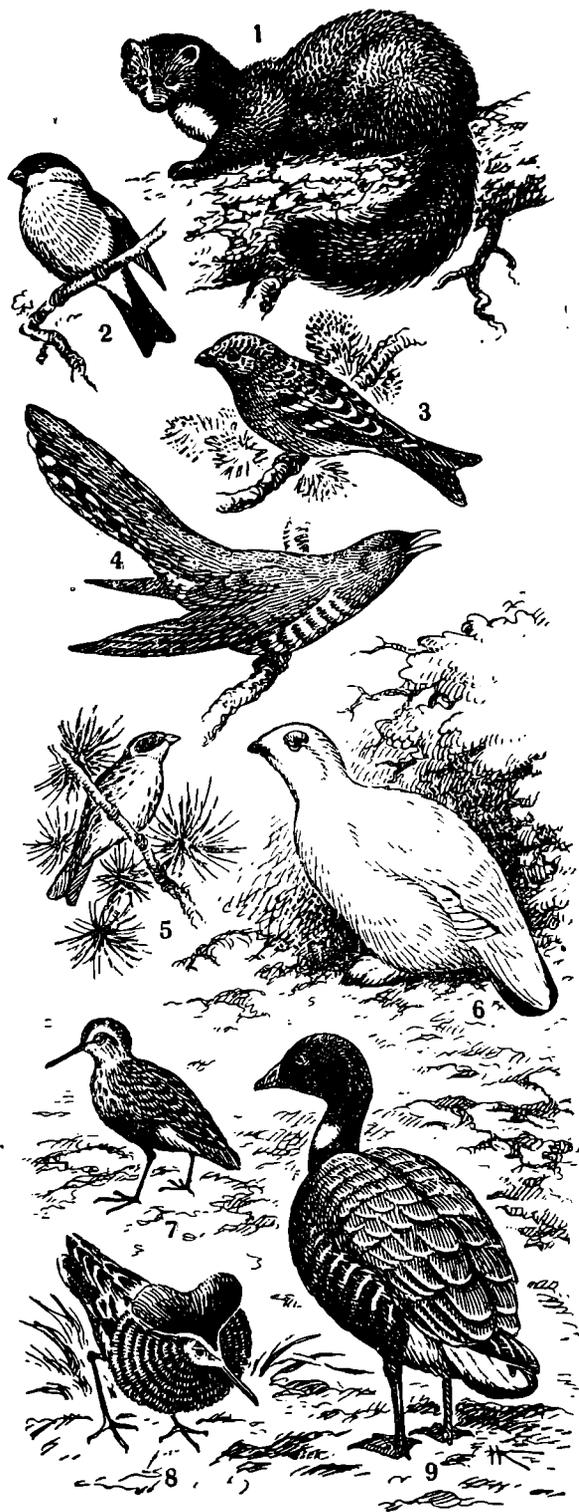
1 — луговой конек; 2 — береговая ласточка; 3 — белая трясогузка; 4 — камышовая овсянка; 5 — морская чернеть; 6 — дербник; 7 — дрозд-белобровик; 8 — чайка-бургомистр; 9 — гаршнеп; 10 — азиатский бекас

Таким образом, основной причиной распространения этих птиц и млекопитающих можно считать ландшафтные изменения, сдвиги к северу границ ландшафтных зон. Для лося, порой «перегонявшего» движение лесной растительности, по-видимому, много значил происходивший в последние годы в лесной зоне общий рост запасов этих животных.

#### ПУТИ РАССЕЛЕНИЯ ЛЕСНОЙ ФАУНЫ

Основными путями расселения лесной фауны (видов, связанных как с кустарниками, так и с деревьями) обычно служили долины тундровых рек, наиболее благоприятные по своим микроклиматическим, кормовым и защитным условиям. Характерно, что, например, на Кольском полуострове долины рек, начинающихся в горных тундрах и не имеющих связи с лесной зоной, заселялись лесными птицами с севера, со стороны побережья, вдоль которого проходит их пролетные пути (наблюдения А. А. Кищинского). Только после того как переселенцы окончательно закреплялись в речных долинах, начиналось их расселение по водоразделам. В большинстве случаев, как и у лосей, первыми в тундрах появлялись молодые особи птиц, что, впрочем, представляет общую закономерность и при расселении животных наблюдается не только в высоких широтах.

В Арктике и Субарктике подчас поражает удивительное «упорство» в стремлении отдельных видов расширить свой ареал. Так, серые вороны, начиная, примерно, с 1918—1920 гг., весной регулярно появляются на севере Югорского полуострова, о-ве Вайгач и даже на Новой Земле. В июне 1961 и 1962 гг., в открытых тундрах восточного Ямала можно было наблюдать даже своего рода «массовый пролет» ворон к северу. За день одиночками, парами, мелкими стайками здесь пролетали иногда десятки, а за весну — сотни ворон, которых дальше к северу ожидали непривычные условия, бескормица и гибель (обратного пролета ворон не происходит). Вообще, жизнь многих переселенцев в тундрах нелегка. Они встре-



1 — лесная куница; 2 — снегирь; 3 — шур; 4 — кукушка; 5 — овсянка-крошка; 6 — белая куропатка; 7 — золотистая ржанка; 8 — турухтан; 9 — черная казарка

Рис. Н. Кондакова

чаются здесь неравномерно, как правило, лишь в наиболее благоприятных микроклиматических условиях. Численность их, а у птиц и места гнездования в тундрах непостоянны, что, по-видимому, свидетельствует о том, что здесь ежегодно поселяются новые особи, а также о высокой смертности и неудачных попытках размножения.

Однако изменения в фауне высоких широт не ограничились только вселением сюда более южных видов. В связи с потеплением климата существенно изменились распространение и численность местных, давно обитающих здесь птиц и млекопитающих. Ряд арктических по своему происхождению видов за этот период сократил свою численность или вовсе исчез в средней полосе Европы, на подступах к Арктике, но кое-где продвинулся еще дальше к северу. Такими — белая куропатка, чернозобая гагара, гуси — гуменник и белолобый, из куликов — камнешарка, золотистая ржанка, турухтан, чернозобик, зук-галстучник, поморники — средний и длиннохвостый. В частности, золотистая ржанка и белая куропатка стали редки на западе Европы, в Прибалтике и других районах умеренного климата, но зато их стало гораздо больше на Кольском полуострове. На Югорском полуострове белая куропатка начала гнездиться на градус с лишним севернее, чем в начале столетия.

Другие, типично арктические виды, оказались в более трудном положении: они отступили на юг — на север двигаться им, практически, было уже некуда. К таким относятся: лютрик, тундряная куропатка, белая сова, видимо, также черная казарка, а из млекопитающих можно назвать песца, белого медведя, возможно, леммингов, особенно копытных леммингов.

Численность лютриков заметно сократилась в Исландии, на Новой Земле, тундряных куропаток — на Кольском полуострове и Ямале. Песец, по наблюдениям В. Д. Скрябина, за последние десятилетия стал реже встречаться на юге тундровой зоны; южная граница размещения его нор здесь отступила к северу на 20—30 км и более.

#### АРКТИЧЕСКИЕ ЖИВОТНЫЕ И ВСЕЛЕНЦЫ С ЮГА

Непосредственные причины отступления к северу арктических животных не всегда ясны, хотя в ряде случаев о них можно дога-

дываться. Здесь, несомненно, большую роль играют конкурентные отношения между ними и экологически близкими к ним вселенцами с юга. Например, лисица, как более крупный и сильный хищник, распространяясь в тундрах, повсеместно оттеснила песца. Она — несомненный конкурент песца в кормовом отношении и, кроме того, занимает его норы, которых в тундрах и так немного; при случае она даже охотится за песцами и поедает их. Можно предположить, что, расселяясь к северу, большая морская чайка вытесняет из обжитых мест близкую к ней, но более мелкую чайку-бургомистра.

Но, конечно, не только в этом причина отступления «северян». Большую роль здесь играют изменения в условиях питания и вообще обитания животных. Так, белый медведь отступал на севере Атлантики вслед за потеплением вод и исчезновением холодноводной трески — сайки, а вслед за ней и ее потребителя — основного корма медведей — нерпы. По данным Б. А. Тихомирова, из двух близких видов куропаток белая куропатка — потребитель в основном бореально-болотных, лесных и опушечных видов растений, а тундряная — главным образом аркто-альпийских видов. Надо полагать, что изменения в растительном покрове тундр и в условиях питания этих птиц явились одной из причин сдвига границ их ареалов. Учитывая, что отдельные виды птиц и млекопитающих имеют свои «зоны предпочитаемых температур», допустимо предположение и о прямой связи изменений в их распространении с «потеплением» климата.

Наконец, здесь есть причины и более частного порядка. Например, «потепление» климата, прежде всего, означает повышение температур воздуха в зимние месяцы, частые оттепели и гололедицы. Гололед затрудняет животным добывание корма и нередко вызывает их массовую гибель. Именно это обстоятельство стало причиной резкого сокращения численности в Гренландии и на севере Америки овцебыка, в какой-то мере — тундряного северного оленя, по-видимому, также белой и тундряной куропаток.

Прямым влиянием климатических изменений последних десятилетий можно объяснить и сдвиги в границах областей зимовок ряда арктических животных. Например, белые совы раньше в массе зимовали на Украине, в Казахстане, нередко встречались в Предкавказье. Теперь они

почти перестали сюда залетать и проводят зиму гораздо севернее — в центральных областях Европейской части СССР, в долине среднего течения Оби и т. д. За последние 30 лет гораздо реже стали встречаться на юге Украины и в Предкавказье зимующие пучоки.

Опять-таки в связи с «потеплением» климата находятся сдвиги в сроках некоторых периодических явлений у арктических животных. В частности, многие птицы стали прилетать на места гнездовий раньше, чем в начале столетия. Те же пучоки в окрестностях Архангельска появляются теперь весной в среднем на 11 дней раньше, чем сто лет назад. Это относится также к гусям, курошатам и другим пернатым. Судя по отдельным наблюдениям в годы с необычно ранней и теплой весной, можно заключить, что «потепление» климата вызвало также более раннее начало размножения животных в тундрах.

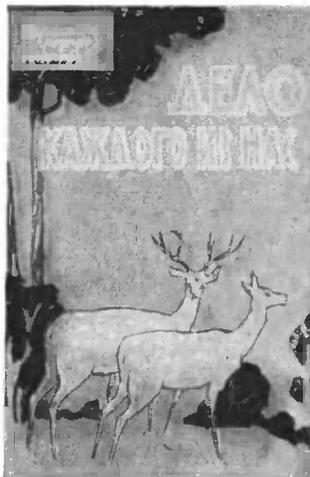
#### НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ

Таким образом, даже по приближенным подсчетам, на территориях Евразии, расположенных к северу от лесотундры, в связи с климатическими изменениями, за последние 40—50 лет появилось или значительно увеличилось не менее 40 видов птиц и млекопитающих. Фауна этих областей, учитывая, что в состав ее входит немногим более 150 видов регулярно размножающихся наземных позвоночных, претерпела, следовательно, за короткий срок коренную перестройку. Как и следовало ожидать, учиты-

вая глубину климатических колебаний в высоких широтах, эта перестройка здесь была гораздо более значительной, чем в районах, расположенных южнее.

О причинах расселения животных за исторический период (в частности на северо-востоке Европы) до последнего времени существуют два диаметрально противоположных мнения. Некоторые исследователи (Р. Palmgren и др.), не приводя убедительных доказательств, видят в них постепенный процесс «заполнения пустот», вызванных ледниковым периодом и продолжающийся до сих пор со времени окончания оледенения. Другие (О. Kalela, Э. В. Кумари, А. Н. Формозов) рассматривают расселения животных, главным образом, как следствие непрерывных изменений климата, в том числе и происходящих в настоящее время (а кроме того, и изменений ландшафтов в результате хозяйственной деятельности человека). Данные, относящиеся к Арктике и Субарктике, свидетельствующие о стремительных и массовых переменах в фауне этих территорий под влиянием «потепления» климата, представляют едва ли не наиболее яркое доказательство правоты этих ученых.

В то же время приведенные факты свидетельствуют о непостоянстве общего облика фауны высоких широт. Большая группа бореальных по своему происхождению, преимущественно лесных видов, в частности птиц и млекопитающих, периодически то появляется здесь, то исчезает, чутко реагируя на изменения окружающих условий и в первую очередь — температурных.



## КОРОТКО О КНИГАХ

Султанбек Исаков

### ДЕЛО КАЖДОГО ИЗ НАС

Казахское государственное  
Изд-во, Алма-Ата

1962, 61 стр., ц. 10 коп.

Очень своевременно Казахское издательство выпустило эту полезную и нужную книжку, призванную помочь многим советским людям пересмотреть свое отношение к родной природе. В частности, речь идет о многообразных богатствах природы Казахстана, которые нужно бережно и любовно охранять и умножать. Автор указывает различные пути обогащения природных ресурсов своего

края, предостерегает от неразумного их использования, рассказывает, почему надо беречь леса, этих зеленых друзей человека, как полнее исследовать «кладовые» недр.

В главе «Охранять почву — увеличивать урожай» наглядно показано, к чему приводит нерадивое отношение к почве — образуются овраги, смывы, происходит заболачивание, засоление и др. и в результате наносится урон урожаю. Даются рекомендации, как правильно и по-хозяйски использовать почвы в предгорьях Южно-Казахстанской, Джамбульской и Алма-Атинской областях.

# ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

*Н. Ф. Балуховский*

*Доктор геолого-минералогических наук  
Киев*

*Изучение планетарной ритмики геологических явлений и хронологических закономерностей развития Земли представляет огромный интерес для науки. Многие геологи рассматривают исторический процесс ее развития, как самодвижение или саморазвитие земной материи. Сущность его заключается в непрерывном взаимодействии притяжения и отталкивания, сжатия и расширения— важнейших форм движения неорганической материи, составляющих основные противоречия материальной системы. В их единстве и непрерывном взаимодействии заключен источник самодвижения и саморазвития материи, которые имеют свою цикличность.*

*Говоря о самодвижении как борьбе противоположностей в земной природе, нельзя забывать и о тех внешних противоречиях, которые в свою очередь оказывают влияние на развитие Земли и тесно связаны с ее внутренними процессами. Они также имеют свою периодичность.*

*Существует много разновидностей ритмов и циклов, значительно отличающихся друг от друга по характеру осадков, продолжительности их накопления. Крупный цикл обычно содержит ряд более мелких циклов и ритмов разного порядка.*

*Благодаря успехам абсолютной геохронологии, ритмо-стратиграфический метод приобретает в современной стратиграфии большое значение. Он позволяет ввести в геологию глубокообоснованную периодизацию геологических событий.*

*В публикуемой статье автор пытается рассмотреть историю Земли под углом зрения ритмично идущих геологических процессов, связанных с пульсациями поля мирового тяготения. Редакция просит специалистов принять участие в обсуждении поднятой автором темы.*

## САМОРАЗВИТИЕ ЗЕМЛИ И ЦИКЛИЧНОСТЬ

В своем развитии наука о Земле все глубже и глубже проникает в тайны состава, состояния и изменения вещества Земли, ее строения в целом, в тайны процессов, происходящих внутри земного шара. Большие возможности выяснения взаимодействий, существующих между нашей планетой и другими мирами Вселенной, открываются в связи с изучением явлений геологической цикличности, которые привлекают в последнее время особое внимание геологов.

Взаимодействие между сжатием и расширением происходит с переменным успехом: существуют периоды времени, когда Земля то развивается в направлении уплотнения, то находится в стадии расширения. Эта борьба выражается в циклических колебаниях земной коры, которые ученые выделяют сейчас в самостоятельный тип тек-

тонических движений. Цикличность или ритмичность процесса осадконакопления обусловливается закономерной сменой трансгрессий и регрессий, изменениями глубин бассейнов, наступаниями и отступаниями суши, изменениями климата и фазами тектогенеза. В осадочных напластованиях ритмичность проявляется в виде регулярного чередования обычно трех или четырех основных разновидностей слоев. В нормальном ритме сначала идет накопление песчаника, затем известковистого алевролита, мергеля и, наконец, отложение известняка. Затем наступает перерыв в осадконакоплении, и ритм повторяется снова. В процессе саморазвития материи Земли ведущая роль принадлежит глубинным (эндогенным) процессам, которые протекают в ядре и мантии и отражают физико-химическое состояние и изменения вещества Земли. Геологические ритмы и циклы, таким образом, служат

Таблица 1

Фазы крупного цикла	Каледонский (древнепалеозойский) цикл	Герцинский (новопалеозойский) цикл	Альпийский (мезокайнозойский) цикл
Эмерсия	Конец докембрия и валдайская эпоха	Нижний девон	Верхний триас — нижний лейас
1-ая трансгрессия	Кембрий	Вторая половина нижнего Девона	Юра
2-ая трансгрессия	Нижний ордовик	Средний девон	Нижний мел
Инундация	Верхний ордовик	Верхний девон и нижний карбон	Верхний мел
Дифференциация	Силур	Средний и верхний карбон, пермь	Палеоген и миоцен
Регрессия	Даунтон	Триас	Плиоцен

конкретным выражением пульсаций Земли, связанных с эволюцией ее вещества.

В циклах можно выделить две эпохи (М. А. Усов, 1940) — эволюционную, с господствующим растяжением и эффузивным вулканизмом, и революционную, в которой преобладает сжатие, сопровождаемое проявлением интрузивного вулканизма и складчатым тектогенезом.

Для крупных циклов земной коры характерно закономерное повторение многих и точно определенных стадий. Например, промежутки времени от кембрия до девона разделяется (С. Н. Бубнов, 1960) на шесть фаз, которые определяются палеогеографическими условиями. Причем подмечено, что фазы регрессий и прироста суши связаны с сильнейшими тектоническими движениями. В крупных циклах бывает по три трансгрессивные фазы. Наиболее глубокая, третья, трансгрессия соответствует фазе наиболее глубокого проникания моря на континенты (инундации). Вслед за инундацией возникают большие колебания морского дна и суши с изменчивыми фациями, палеогеографическая обстановка становится сильно дифференцированной (фаза дифференциации). После нее море отступает. В фазу отступления (эмерсии) происходит прирост суши и подъем значительной части материка. Такая последовательность геологических процессов наблюдается в каледонском, герцинском и альпийском крупных циклах, что наглядно видно на таблице 1.

Геологические процессы альпийского цик-

ла более интенсивны и разнообразны, чем каледонского или герцинского. Так, с конца олигоцена и во всем неогене происходит активизация тектонических движений, которая сопровождается дифференциацией крупных тектонических элементов, с преобладанием восходящих движений. Неогеновая фаза дифференциации завершает альпийскую эпоху горообразования. Четвертичный период с его могучими оледенениями относится уже к следующей фазе — эмерсии.

Существует мнение (В. В. Белоусов, 1948), что каждый крупный цикл — каледонский, герцинский или альпийский — соответствует по своей продолжительности галактическому году. Галактические циклы распадаются на полное число циклов второго порядка, в 35—40 млн. лет, которые в свою очередь состоят из циклов третьего порядка, и т. д. В геологических событиях, происходящих на протяжении всего существования нашей планеты, фиксируются «волны времени» различной длины и частоты таким образом, что галактический год содержит целую гамму последовательно убывающих циклов и ритмов, длительность которых подчиняется определенным закономерностям.

#### АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ

Существенную роль астрономических факторов в истории Земли впервые установили геологи-четвертичники. Это позволило



Изгибание слоев известняка под влиянием тектонических напряжений. Ферганская долина

на основе периодичности астрономических явлений разработать абсолютную геохронологию антропогена — наиболее молодого и хорошо изученного периода.

Абсолютная хронология четвертичного периода определялась многими исследователями по интенсивности климатических изменений. Например, В. Пенк считает, что оледенение Альп было вызвано понижением средней летней температуры. Поскольку ледниковый период был выражен на всей поверхности Земли, причина понижения температуры была планетарной. Другие (немецкий ученый А. Вегенер, югославский ученый М. Миланкович и др.) видели причину климатических изменений в колебаниях величины солнечного тепла — главного фактора, определяющего климат нашей планеты.

Новейшие данные о периодичности накопления осадков, связанной с воздействием космических факторов, показывают, что среди коротких ритмов климатических изменений наиболее достоверны ритмы в 11,80, 170—200 и 1500—2200 лет (В. А. Зубаков, И. И. Краснов, 1959)<sup>1</sup>. В. А. Зубаков и И. И. Краснов указывают на четкие проявления периодов изменения точки апсид относительно движущейся точки равно-

<sup>1</sup> Это четко устанавливается при изучении климата послеледниковой эпохи. По своей продолжительности ритмы в 2200 лет соответствуют примерно ритмам мезозойского флиша Н. Б. Вассоевича (2400 лет).

денствия и ритма наклона эклиптики в истории четвертичного периода.

Первый из них имеет продолжительность (по Миланковичу) в 13 800—29 000 лет (в среднем 21700 лет). Этим числом определяется длительность некоторых стадий последнего оледенения на Русской равнине. Ритм наклона эклиптики (периодическое изменение угла наклона эклиптики в пределах  $24,4^\circ$ — $21,8^\circ$ ) имеет результирующий период в 41 000 лет.

Многими учеными отмечается ритмичность с периодом в 20 000 и 40 000 лет (М. Шварцбах, У. Бредли, В. Кеппен и др.). Эти ритмы отчетливо выявляются также на кривых инсоляции М. Миланковича (1939) и голландского ученого А. Ван-Воеркома (1958).

#### ГАЛАКТИЧЕСКИЕ ГОДЫ И МАКРОЦИКЛЫ

Развитие геологических процессов по спирали связано с неодинаковой продолжительностью циклов (С. Н. Бубнов, 1960). Например, продолжительность крупных циклов, соответствующих галактическому году, по данным абсолютной хронологии, изменяется следующим образом:

Альпийская тектоническая эра (юра — плиоцен) — 180 млн. лет;

Герцинская тектоническая эра (девон — триас) — 200 млн. лет;

Каледонская (кембрий — силур) — 220 млн. лет.

От альпийского цикла к каледонскому наблюдается постепенное наращивание продолжительности галактического года примерно на 20 млн. лет. Если этот расчет продолжить в глубь геологических времен, то получается совпадение галактических метациклов с карельским, беломорским, самским и катархейским метациклами, начавшимися с накопления осадков и заканчивавшимися метаморфизмом. Длительность их определена радиоактивными методами (табл. 2).

Всего в геологической истории земного шара прослеживается 12 галактических лет. Окончательное формирование нашей планеты из химических элементов метеоритно-пылевого облака (по О. Ю. Шмидту) относится к протопланетной эре, к интервалу 3900—7200 млн. лет.

До катархей метеоритно-пылевое облако, создавшее впоследствии земной шар, пережило длительную протопланетную историю. Основываясь на метеоритной теории происхождения Земли, О. Ю. Шмидт определил возраст Земли вначале (1945 г.) в 7,6 млрд. лет, а позднее — в 6,3 млрд. лет. Возраст земной коры, вычисленный в 1947 г. под руководством А. П. Виноградова, оказался равным 4,8 млрд. лет.

В наиболее раннюю стадию своей жизни, от катархей до нижнего протерозоя включительно, вся Земля целиком была охвачена первичным радиогенным разогреванием. Этой эре соответствуют первые шесть галактических лет геологической истории, от 3900 млн. до 1460 млн. лет. По мнению В. В. Белоусова (1962), существенный перелом в развитии земной коры наступил на границе пизннего и верхнего протерозоя, приблизительно 1500 млн. лет тому назад, когда образовались первые устойчивые «ядра стабилизации». Вслед за этим началось последовательное расширение платформ и сокращение геосинклиналей.

Галактические метациклы содержат по пяти сравнительно более мелких циклов, так называемых циклопериодов, по двад-



Южный Тянь-Шань  
Разлом земной коры и связанное с ним флексуорообразное изгибание слоев в опустившемся крыле

цать макроциклов и по шестьдесят циклов длительностью в 2,7—3,5 млн. лет.

Важнейшее значение в абсолютной геохронологии имеют макроциклы продолжительностью в 8,5—11 млн. лет, позволяющие приблизительно наметить неохронологическое расчленение для каледонского, герцинского и альпийского крупных циклов (табл. 3).

В связи с уменьшением длительности галактического года соответственно снижается продолжительность макроцикла от 11 млн. лет в кембрии до 8,6 млн. лет в течение альпийского метацикла. Более мелкие ритмы альпийской эпохи в 975, 325 и 108 тыс. лет связаны трехкратными соотношениями, что, по-видимому, обусловливается изотропностью пространства солнечной системы. Следует отметить, что в геологических событиях находит также четкое отражение 11-летняя ритмичность Солнца. Например, такая ритмичность осадконакопления установлена в намской свите докембрия Южной Африки, в верхнем девоне и нижнем карбоне Тюрингии, в эоценовых глинах Зеленой реки в Колорадо, в позднем докембрии Южного Урала и Восточной Сибири, в нижнем карбоне Тянь-Шаня и вообще почти в любой системе начиная с кембрия. Несмотря на то, что в кембрии астрономический год был продолжительнее современного почти в 1,3 раза, 11-летний ритм неизменно сохранился.

#### ПРИРОДА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ

Геологическая цикличность — это один из разделов теории геосинклиналей — основного стержня всей геологической науки.

Таблица 2

№№ циклов	Циклы седиментации — метаморфизма и магматизма	Возраст циклов в млн. лет (по Старику и Семенову)	Галактические годы в млн. лет
1	Альпийский	1—185	1—180
2	Герцинский	185—400	180—380
3	Каледонский	400—600	380—600
4	Синийский	600—800	600—860
5	Протерозой верхний II-В (Готикарельский)	800—1150	860—1140
6	Протерозой верхний II-А	1150—1500	1140—1460
7	Протерозой нижний (Карельский)	1500—1800	1460—1800
8	Архей II (Беломорский)	1800—2600	1800—2180
9	Архей I (Самский)		2180—2580
10	Катархей III	2600—3900	2580—3000
11	Катархей II		3000—3440
12	Катархей I		3440—3900
13	Протопланетная эра		3900—7200

Таблица 3

Млрд мак- роциклов	Мезо-кайнозой		По радио- активному распаду млн. лет	Млрд мак- роциклов	Палеозой		По радио- активному распаду млн. лет
	Геологическое исчисление	По макроциклам в млн. лет			Геологическое исчисление	По макроциклам в млн. лет	
<b>Мезо-кайнозой</b>				<b>Палеозой</b>			
I. Четвертичный период				VI и VII. Пермский и камен- ноугольный периоды			
II. Третичный период				25	Верхняя пермь (два макроцикла)	220—230	225—270
1	Плиоцен и неоген	1 — 9,6	0—1	26	»	230—240	
2	Сармат	9,6—18,2	1—10	27	Нижняя пермь (два макроцикла)	240—250	270—320
3	Тортон	18,2—26,8	10—25	28	»	250—260	
4	Нижний миоцен	26,8—35,4	25—40	29	Верхний карбон (два макроцикла)	260—270	
5	Олигоцен	35,4—44		40—70	30	»	270—280
6	Верхний эоцен	44 — 52,6	40—70	31	Средний карбон (московский век)	280—290	
7	Нижний и средний эоцен	52,6—61,2		32	Средний карбон (башкирский век)	290—300	
8	Палеоцен	61,2—69,8		33	Верхний визе — намюр	300—310	
III. Меловой период				34	Турне — нижний визе — этренс	310—320	
9	Маастрихт-дат	68,8 — 78,5	70—140	VIII. Девонский период			
10	Верхний сантон- кампан	78,5— 87,2		35	Фаменский век	320—330	320—400
11	Коньяк — нижний сантон	87,2— 96,0	36	Франский »	330—340		
12	Сеноман — турон	96 — 104,8	37	Живетский »	340—350		
13	Альб	104,8—113,6	38	Эйфельский »	350—360		
14	Апт	113,6—122,4	39	Жединский »	360—370		
15	Готерив — баррем	122,4—131,2	40	Кобленцкий »	370—380		
16	Валапжиз	131,2—140	IX. Силурийский период				
IV. Юрский период				41	Даунтонский век	380—391	400—465
17	Титон	140—150	42	Лудловский »	391—402		
18	Келловей-кимме- ридж	150—160	43	Уинлокский »	402—413		
19	Доггер	160—170	44	Лландоверский век	413—424		
20	Лейас	170—180	X. Ордовикский период				
V. Триасовый период				45	Карадокский век	424—435	465—600
21	Верхний триас	180—190	46	Лландейский »	435—446		
22	Средний триас	190—200	47	Аренгский »	446—457		
23	Нижний триас (два макроцикла)	200—210	48	Тремадокский »	457—468		
24	»	210—220	XI. Кембрийский период (с валдайской эпохой)				

Выяснение природы геологической цикличности, т. е. вынужденных гармонических колебаний земной коры, чрезвычайно важны не только для геологии, но и для физики, геофизики, астрономии и астрофизики.

Известно, что земная кора расчленяется на отдельные регионы и плиты в зависимости от их подвижности и истории развития. Геосинклиналы — это области интенсивных колебательных движений земной коры с большими амплитудами перемещения отдельных блоков, с мощным осадконакоплением и вулканизмом.

Щиты — это наиболее устойчивые малоподвижные регионы с преобладанием восходящих движений. Между щитами и геосинклиналами располагаются платформы, состоящие из сравнительно устойчивых призматических элементов с тенденцией к погружению. На границе геосинклиналей и платформ обычно образуются впадины, получившие название краевых прогибов. Если посмотреть на геологическую карту Советского Союза, то видно, что в его пределах частично находится Балтий-

ский щит и полностью — Сибирский и Украинский. Южнее и восточнее Балтийского щита располагается Русская платформа, соприкасающаяся на юге с альпийско-гималайской геосинклинальной областью. На границе платформы и геосинклинали есть кривые прогибы: Предкарпатский, Предкавказский и другие.

Земная кора и верхняя мантия неоднородны по своему составу не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении. На щитах и платформах верхняя мантия Земли сложена очень плотными породами (метабазитами), находящимися в различных состояниях упаковки и кристаллизации. Чрезвычайно активная в энергетическом отношении мантия геосинклиналей характеризуется высокой пластичностью и незначительной плотностью. Эти особенности сказываются и на характере цикличности. При рассмотрении циклических колебаний в системе щит — платформа — краевой прогиб — геосинклиналь периоды колебаний плит земной коры прерывисто уменьшаются при движении от щитов к геосинклиналям. На платформах, например, периоды колебаний плит и блоков земной коры исчисляются миллионами или десятками миллионов лет. В геосинклиналях, наоборот, преобладает мелкая ритмичность. На щитах, где плотность мантии значительная, а пластичность минимальная, частота колебаний плит и блоков уменьшается. В геосинклиналях наблюдается максимальная частота колебаний плит и блоков. Таким образом, по мере движения от геосинклинали к щитам происходит уменьшение частоты колебаний плит и блоков. Поэтому, чем пластичнее верхняя мантия, тем больше частота колебаний и тем значительнее ее кинетическая энергия. Эта закономерность свидетельствует о космической природе явлений геологической цикличности, что можно легко пояснить на простом примере.

Представим себе три бассейна, наполненные жидкостью различной консистенции и вязкости: водой, нефтью и гудроном. Сила ветра вызовет значительное волнение в водном бассейне, слабое в нефтяном и едва заметное в гудронном. Корабли, находящиеся в водном бассейне, будут подвергаться наибольшей качке, в гудронном — наимень-



На южных склонах Кавказского хребта

шей. Совершенно аналогично плиты земной коры испытывают гармонические колебания под влиянием «ветра», дующего из космоса.

Поле мирового тяготения пульсирует, и это очень важное его свойство. Наибольшей частотой отличаются пульсации, вызываемые приливообразующими силами Луны и Солнца. Они не только вызывают бугры прилива в океанах, но и создают волны прилива в твердой массе Земли<sup>1</sup>. Приливообразующие силы большой мощности «работают» круглосуточно и проявляются в виде волнообразных упругих колебаний земных оболочек. Взаимодействие планет между собой при противостояниях, а также всей солнечной системы со звездами и звездными ассоциациями обуславливает проявление глобальных периодических колебаний земных оболочек с очень медленными частотами. Пульсации поля мирового тяготения и резонанс, существующий между периодами обращений космических тел и систем, — это существенные свойства реального пространства метagalaktики.

Таким образом, анализ явлений геологической цикличности приводит к заключению, что масса земного шара представляет сложный резонатор, взаимодействующий с Луной, Солнцем, планетами, звездами, звездными ассоциациями, Галактикой и системами галактик.

<sup>1</sup> Поднятие земных оболочек (мантии и земной коры), как показал Джордж Дарвин, составляет около 1/3 высоты морского прилива. При противостояниях Солнца и Луны волна морского прилива имеет максимальную высоту в 0,8 м, а в волне «твердого» прилива — 0,25 м.

# О ПРАВИЛЬНЫХ РАЗБИЕНИЯХ ПРОСТРАНСТВ

Член-корреспондент АН СССР Б. Н. Делоне

*В августе 1962 г. в Мюнхене (ФРГ) состоялась международная конференция, посвященная 50-летию замечательного открытия Лауэ—диффракции рентгеновых лучей в кристаллах. На конференции был поставлен единственный чисто теоретический доклад по структуре кристаллов. Сделать этот доклад получил приглашение чл.-корр. АН СССР Б. Н. Делоне. Печатаем краткое изложение одной из основных идей этого доклада.*

Мы рассмотрим здесь два двумерных пространства: 1 — обыкновенную евклидову плоскость; 2 — сферу (поверхность шара), а также (обыкновенное) трехмерное пространство.

## ПОНЯТИЕ РАЗБИЕНИЯ

Если все пространство разбито на конечные куски, попарно, не имеющие общих внутренних точек, а только соприкасающиеся своими границами, то мы говорим о разбиении пространства. Простейшими примерами разбиения плоскости является, например, разлинованная бумага, паркетный пол, выложенные кафельными плитками стены и т. д. Конечными кусками здесь будут каждый «квадратик» бумаги, каждая «паркетина», каждая кафельная плитка. Простейшим примером разбиения пространства может служить сложенная из кирпичей стена, мысленно продолженная во все стороны до бесконечности.

Если все куски, на которые разбивается плоскость, будут выпуклыми многоугольниками и сверх того эти многоугольники смежны целыми сторонами, то мы говорим в этом случае о *н о р м а л ь н о м* разбиении плоскости. Если же пространство заполнено выпуклыми многогранниками, смежными целыми гранями, то мы имеем дело с *н о р м а л ь н ы м* разбиением пространства.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ ДВИЖЕНИЯ

Под движением пространства понимают его движение, как жесткого целого или такое же движение плюс отражение в плоскости.

В математике такие движения называются ортогональными преобразованиями. Движение, которое оставляет пространство на месте, в математике называют тождественным движением.

Группа  $G$  движений есть такая совокупность движений, которая содержит, во-первых, тождественное движение, во-вторых, движение, которое является результатом последовательного применения любых двух ее движений, в-третьих, для каждого своего движения содержит обратное движение<sup>1</sup>. Введение понятия группы  $G$  движений дает возможность ввести определение правильного разбиения пространства.

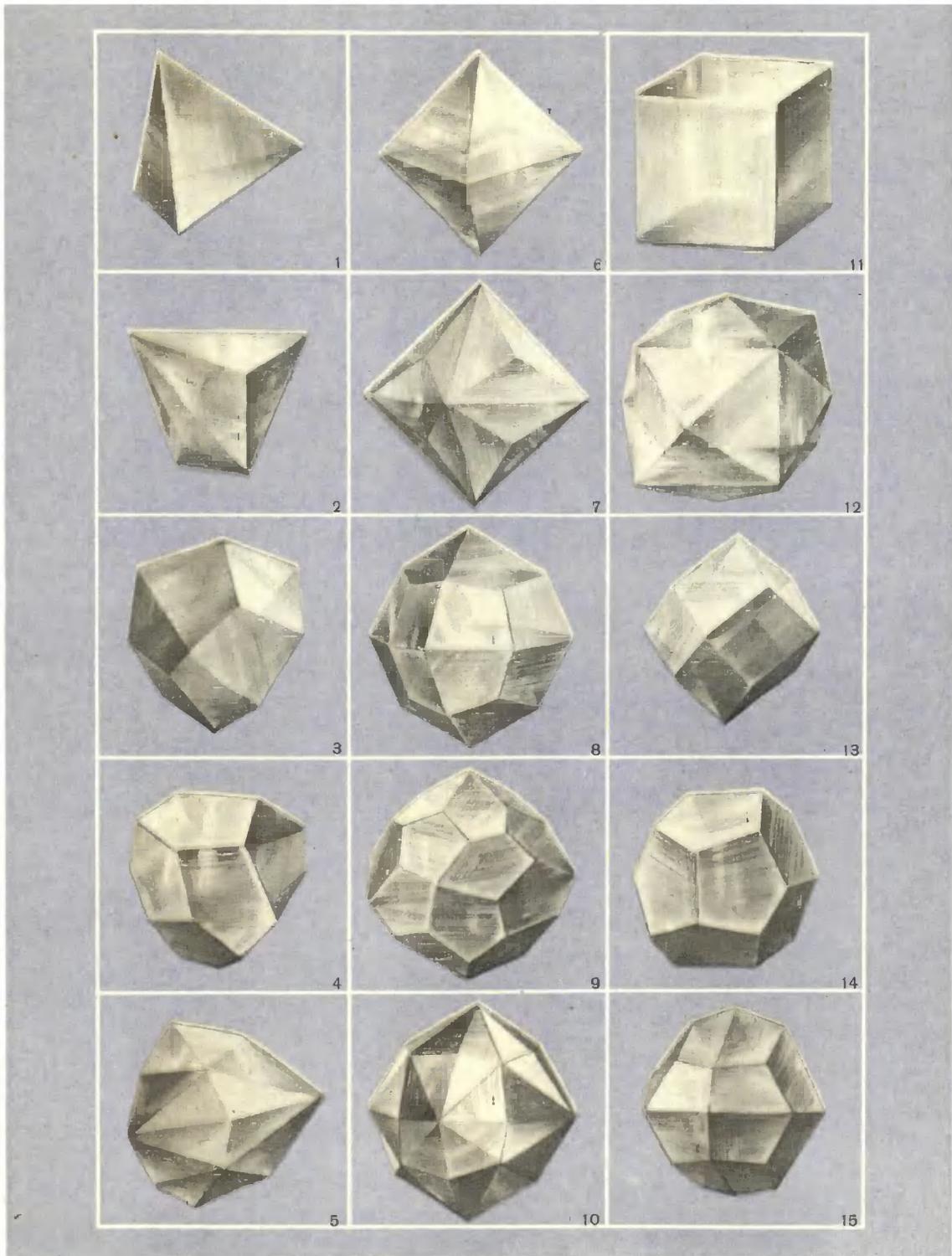
## ПРАВИЛЬНЫЕ РАЗБИЕНИЯ

Разбиение называется правильным, если существует такая группа  $G$  движений, совмещающих разбиение с собой, что каких бы два куска разбиения ни взять, в этой группе  $G$  найдется хотя бы одно такое движение, которое переводит первый кусок во второй. Очевидно, одним из необходимых условий правильности является то, чтобы все куски разбиения были одинаковы.

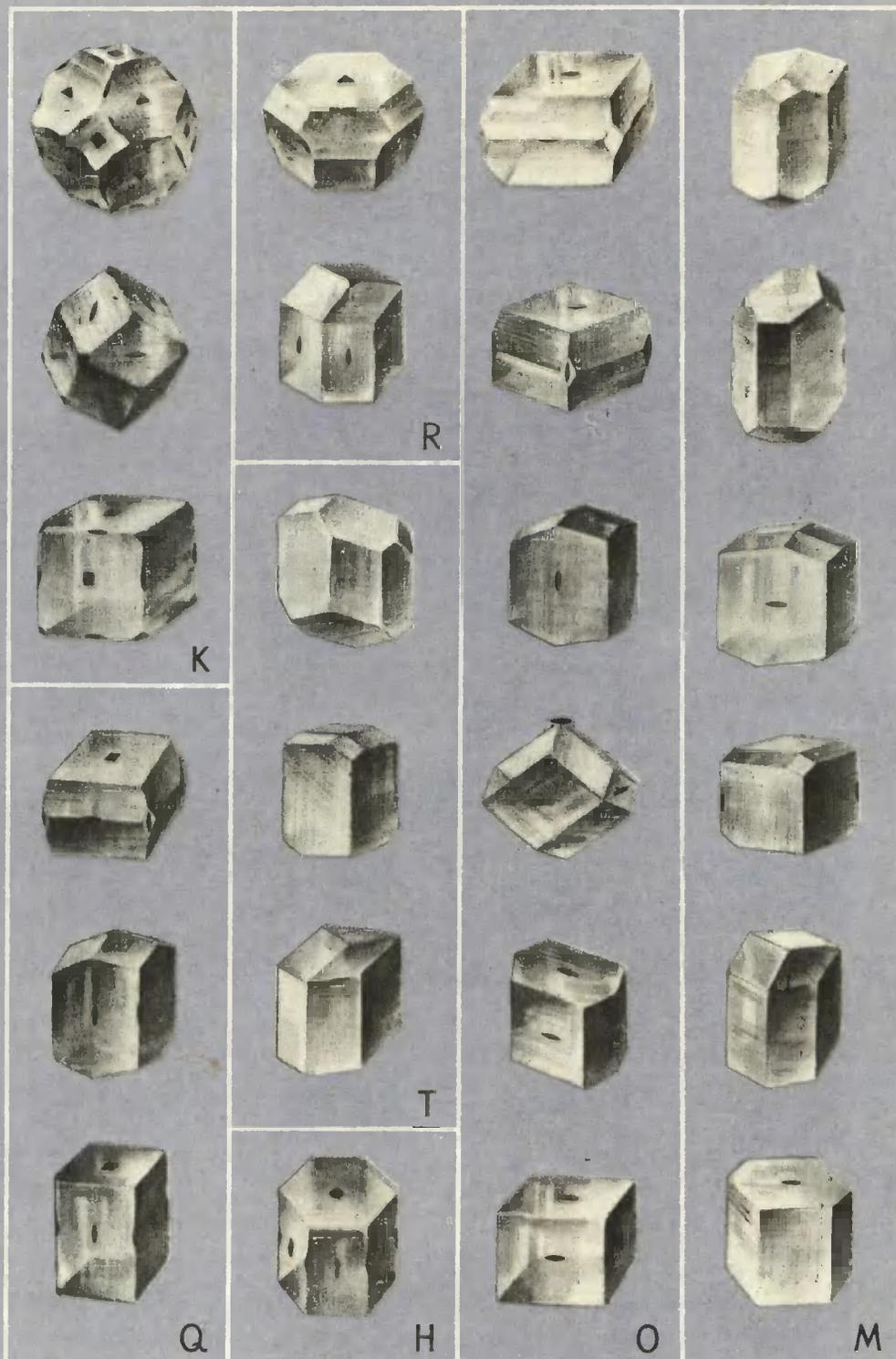
## ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ!

Нам понадобится еще понятие топологического преобразования. Под преобразова-

<sup>1</sup> Для движения  $g$  обратным будет такое движение  $g'$ , что последовательное применение движения  $g$ , а затем  $g'$  приводит пространство в первоначальное положение, т. е. дает тождественное движение.



Простые формы кристаллов



24 сорта областей Дирихле решеток

нием одной фигуры в другую понимают такое действие, когда каждой точке одной фигуры поставлена в соответствие точка другой фигуры, т. е. так или иначе установлено соответствие между точками фигур. Топологическим преобразованием двух фигур называется взаимно однозначное и взаимно непрерывное преобразование одной фигуры в другую.

Топологическое преобразование наглядно можно представить на примере сферы, сделанной из тонкой эластичной пленки. Сферу из пленки можно как угодно изгибать, сжимать, растягивать, но с условием не разрывать и не склеивать ее. Вот эти изгибания, сжатия и растягивания без разрывов и склеиваний и суть топологические преобразования сферы. Полученные различные деформированные сферы с точностью до топологических преобразований одинаковы, или, как говорят, топологически одинаковы.

Топологией называется часть геометрии, изучающая те свойства фигуры, которые не изменяются при их топологических преобразованиях. Так, все различные выпуклые многогранники и шары топологически одинаковы; напротив, шар и тор различны, так как из шара никакими изгибаниями, сжатиями и растяжениями без разрывов нельзя получить тор.

Два нормальных разбиения называются топологически одинаковыми, если существует топологическое преобразование, переводящее одно в другое.

### ПОНЯТИЯ СОРТА

В кристаллографии обычно интересуются как топологией различных рассматриваемых в ней разбиений  $S$ , так и группами  $G$  их отображений на себя.

В результате многолетней работы я убедился, что необходимо ввести в кристаллографию особое новое понятие «с о р т а» пары разбиение  $S$  — группа  $G$ .

Две пары  $\{SG\}$  и  $\{S'G'\}$  считаются одного сорта, если: 1 — разбиение  $S$  и  $S'$  топологически одинаковы; 2 — группы  $G$  и  $G'$  абстрактно одинаковы и 3 —  $G'$  так же связана с  $S'$ , как  $G$  с  $S$ .

Выяснение значения этого понятия было одним из центральных мест моего доклада в Мюнхене. Я показываю, во-первых, что давно известный классический результат, что простых форм кристаллов 47 и только 47, обозначает не что иное, как то, что

различных метрических сортов кристаллографических изоэдров 47. Во-вторых, мой «метод приведения», служащий для однозначного описания кристаллической структуры, дает 24 и только 24 различных случая. Это, оказывается, обозначает не что иное, как то, что различных метрических сортов разбиений Дирихле для решеток 24. И, наконец, я отмечаю, что исследование сортов давно известных 11 правильных разбиений плоскости приводит к возможности чисто топологического построения всей двухмерной геометрической кристаллографии.

Перейдем к рассмотрению этих трех примеров.

### ПРОСТЫЕ ФОРМУЛЫ КРИСТАЛЛОВ

Правильные нормальные разбиения сферы были найдены уже очень давно, их часто называют еще изоэдрическими, так как при замене сферических многоугольников плоскими разбиение образует выпуклый многогранник, называемый изоэдром. Оказалось, что топологически разных таких разбиений всего 18 и только 18, и еще две очень простые бесконечные серии. Выводится это несложно из известной формулы Эйлера:

$$g - p + v = 2,$$

где  $g$  — число граней,  $v$  — число вершин,  $p$  — число ребер многогранника.

Правильные разбиения сферы нашли замечательное применение в кристаллографии. Известно, что каждой кристаллической структуре соответствует одна, вполне определенная из 32 (так называемых точечных кристаллографических) групп поворотов вокруг точки.

Каждая кристаллическая структура (с точностью до междуатомных параллельных переносов) поворотами своей группы совмещается с собой. Поэтому всякое макроскопическое свойство кристалла, не зависящее от этих междуатомных переносов (например, модуль упругости в данном направлении, показатель преломления для луча данного направления и т. д.) не изменяется при поворотах этой группы. Скажем, пусть кристалл имеет точечную группу  $G$ . Возьмем какое-то первоначальное направление  $\bar{e}$ . Образует совокупность всех тех направлений, которые получаются из первоначального всеми поворотами группы  $G$ . Тогда по всем направлениям из этой совокупности, например, показатель преломления один и тот же.

Очевидно, если выращивать кристалл, имеющий группу  $G$ , то, наряду с образованием какой-то фиксированной грани, образуются и все те грани, которые получаются из фиксированной грани поворотами группы  $G$ . Получаемая таким образом совокупность граней называется простой формой кристалла. Она есть изоэдр.

Реальные кристаллы представляют либо простые формы, либо комбинацию нескольких простых форм. Всех простых форм в кристаллографии насчитывается 47 сортов, из них 30 закрытых и 17 — открытых. Из вышеупомянутых топологических видов изоэдров 15 дает 30 различных сортов закрытых простых форм, которые имеют следующие названия: 1) тетраэдр, 2) тригон тритетраэдр, 3) тетрагон тритетраэдр, 4) пентагон тритетраэдр, 5) гексатетраэдр, 6) октаэдр, 7) тригон триоктаэдр, 8) тетрагон триоктаэдр, 9) пентагон триоктаэдр, 10) гексаоктаэдр, 11) куб, 12) тригон тетракуб, 13) ромбический додекаэдр, 14) пентагон додекаэдр, 15) дидодекаэдр, 16) ромбический тетраэдр, 17) тетрагональный тетраэдр, 18) ромбоэдр, 19) ромбическая дипирамида, 20) тригональная дипирамида, 21) дитригональная дипирамида, 22) тетрагональная дипирамида, 23) дитетрагональная дипирамида, 24) гексагональная дипирамида, 25) дигексагональная дипирамида, 26) тригональный трапецоэдр, 27) тетрагональный трапецоэдр, 28) гексагональный трапецоэдр, 29) тетрагональный скаленоэдр, 30) гексагональный скаленоэдр.

Все эти формы хорошо известны не только любому кристаллографу, но и любому минералогу, так как они постоянно нужны на практике. Первые 15 из них изображены на вклейке I в том порядке, в каком приведены их названия, если их считать по колонкам.

#### 24 (МОПХ) СОРТОВ РЕШЕТОК

Рассмотрим теперь так называемые разбиения Дирихле.

Пусть дана в пространстве дискретная система точек  $E$ . Под дискретной понимается такая система точек  $E$ , которая не содержит точек, расположенных как угодно близко друг к другу, и такая, что в системе  $E$  нет больших «пустот» (т. е. областей, в которые не попала бы ни одна точка системы  $E$ ). Пусть  $A$  какая-нибудь точка дискретной системы  $E$ . Назовем областью Дирихле точки  $A$  ту область пространства, все точки ко-

торой находятся к точке  $A$  ближе, чем ко всем остальным точкам системы  $E$  (впервые такие области рассматривал Дирихле для точек плоской решетки). Области Дирихле для каждой точки  $E$  в пространстве являются многогранниками и заполняют все пространство, образуя нормальное разбиение.

Каждое кристаллическое вещество имеет вполне определенную кристаллическую структуру, т. е. атомы расположены не как угодно, а по определенному геометрическому закону. Оказывается, таких законов в природе существует конечное число, а именно, 230. Впервые это вывели русский кристаллограф Е. С. Федоров и одновременно и независимо немецкий математик Шенфлис.

Они показали, что группа  $G$  всех движений, совмещающих с собой кристаллическую структуру (продолженную мысленно до бесконечности во все стороны), есть одна из некоторых, вполне определенных 230-ти групп.

Эти группы называют пространственными кристаллографическими группами.

Каждая группа  $G$  имеет трехмерную подгруппу  $T$  параллельных переносов. Если точку повторить всеми движениями, из  $T$  получится точечная решетка. В этой решетке можно (и даже бесконечным числом различных способов) выделить параллелепипед, определяющий эту решетку. Размеры некоторого специально выбранного («приведенного») такого простейшего параллелепипеда называются кристаллографическими константами структуры.

Решетки могут быть различными в том смысле, что они могут иметь различные элементы симметрии. Французский кристаллограф Бравэ показал, что все решетки можно разделить на 14 типов, и нашел для каждого типа простейший параллелепипед. Наличие такого параллелепипеда указывает на принадлежность решетки к одному из этих типов. При установлении структуры исследуемого кристаллического вещества первым шагом является определение параллелепипеда Бравэ и его кристаллографических констант.

В 1932 г. я показал, что разбиения Дирихле для точечных решеток бывают 24 и только 24 «сортов» и соответственно решетки 24 «сортов», а затем, что существует удобный вычислительный способ, позволяющий, как бы ни была задана решетка, конечным числом шагов найти, к какому из этих 24 сортов она принадлежит, а следовательно, и каков

ее параллелепипед Бравэ. Этот «способ приведения» теперь принят всеми кристаллографами.

На вклейке II даны области Дирихле точек решетки и их поворотные группы для всех 24 моих сортов. Этим способом, связанным с теорией разбиения пространства, был практически впервые до конца решен важный вопрос об определении во всех случаях кристаллографических констант структуры.

#### 46 СОРТОВ РАЗБИЕНИЙ ЛАВЕСА

Возьмем обыкновенную плоскость. Для нее насчитывается 11 и только 11 топологически различных правильных, нормальных разбиений. Они в частном случае были получены в 1916 г. А. В. Шубниковым, а в общем случае в 1931 г. немецким кристаллографом Лавесом. Они тоже выводятся из теоремы Эйлера. Все 11 видов метрически осуществляются на плоскости 46-ю фундаментальными

сортами, которые я определил в 1959 г. Из этого моего результата, который был получен чисто топологическим путем, следует, что всю двумерную кристаллографию можно построить чисто топологически.

\* \* \*

Однако до сих пор почти ничего не было известно об общих правильных разбиениях пространства. Не было известно даже, конечно ли число топологически различных таких разбиений. В самое последнее время мне удалось показать, что их число конечно. А еще раньше совместно с моей ученицей Н. Н. Сандаковой мы дали способ находить правильные разбиения Дирихле не только для решетки, но и для правильной системы точек, связанной с любой из 230 кристаллографических групп. Эта обширная теория, которую я не могу здесь изложить, есть самое последнее, что пока достигнуто в вопросе о правильных разбиениях пространств.

## КОРОТКО О КНИГАХ

Е. И. Гневушева

### В СТРАНЕ ТРЕХ ТЫСЯЧ ОСТРОВОВ

(Русские ученые в Индонезии)

Изд-во Восточной литературы  
АН СССР, 1952, 222 стр., ц. 40 коп.

Увлекательна работа в архивах. Она трудна, кропотлива, но исследователь бывает вознагражден, когда среди множества просмотренных им материалов встречается интересные документы. Так было и на этот раз. Сколько пришлось автору перелистать архивных дел конца XIX — начала XX в., прежде чем были собраны сведения о научных путешествиях русских ученых на Малайский архипелаг. Такие экспедиции были в то время редки. Только с 1897 г., когда Академия наук учредила стипендию для русских натуралистов, в далекую страну под экватором каждый год начали ездить ботаники, зоологи, этнографы.

В книге рассказывается, как было найдено «Дело» Миклухи-Маклая, в котором сохранились письма, доклады и другие документы, показывающие, сколько сил, энергии и настойчивости приложил он, чтобы защитить



обитателей Новой Гвинеи от европейских колонизаторов.

Ботаник А. Н. Краснов в 1892 г. совершил поездку на Яву. Тропические леса, города, жизнь яванцев, их быт и внешний облик — все привлекало внимание исследователя. Он описал большое число видов тропических фруктов и овощей. Уже позднее, когда были изучены условия Черноморского побережья Крыма и Кавказа, Краснов предложил

наиболее полезные растения перенести в Россию.

Первым из стипендиатов Академии наук был зоолог К. Н. Давыдов. Он побывал на Яве, Молуккских островах. Ученый описал свои экскурсии и наблюдения над многочисленными животными, бабочками, птицами, им были собраны богатые коллекции фауны архипелага.

В 1908 г. в Нидерландскую Индию поехал ботаник профессор В. М. Арнольди, основатель русской школы альгологии (изучение водорослей). Автор подробно описывает жизнь ученого в Бейтензорге, работу в Ботаническом саду, его экскурсии по окрестностям города, Коралловым островам между Явой и Суматрой, поездку на о-ва Бали и Целебес. Арнольди изучил растительность о-ва Вокам, особенности мангровых деревьев. Разнообразие животного мира островов было так велико, что ботаник стал и зоологом.

Много интересного узнает читатель о путешествиях по тропикам и других русских ученых уже в начале XX в. В их научных трудах и коллекциях отражена удивительная тропическая природа страны многочисленных островов.

# ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ, ТАЛАНТЛИВЫЙ ОРГАНИЗАТОР НАУКИ

ПАМЯТИ АКАДЕМИКА А. В. ТОПЧИЕВА

27 декабря 1962 г. оборвалась жизнь вице-президента Академии наук СССР академика Александра Васильевича Топчиева. Советский народ, советская наука понесли тяжелую утрату. От нас ушел один из выдающихся ученых и активный организатор советской науки и высшей школы.

А. В. Топчиев прошел большой путь ученого и общественного деятеля. Родился он в 1907 г., в семье крестьянина, в слободе Михайловке, Волгоградской области. В 1925 г. поступил в Менделеевский институт и уже через два года, продолжая учиться, вел семинары, преподавал. Он учился и учил других и вел при этом активную профсоюзную, комсомольскую, а затем партийную работу.

В 1930 г., окончив Московский химико-технологический институт им. Д. И. Менделеева, А. В. Топчиев получил диплом инженера-технолога. В 1932 г. ему присуждено звание доцента по кафедре органической химии, а в 1937 г. он защитил диссертацию на степень кандидата химических наук. В 1944 г. он уже автор ряда оригинальных научных работ, получил звание профессора и степень доктора химических наук.

В 1949 г. А. В. Топчиев удостоивается высшего признания своих научных заслуг — он избирается действительным членом Академии наук СССР. С этого времени всю свою незаурядную энергию, весь свой талант ученого и организатора он отдает Академии наук СССР. Почти 14 лет он был одним из руководителей высшего научного центра страны: с 1949 г. — главным ученым секретарем Президиума АН СССР и с 1958 г. — вице-президентом Академии наук СССР. Академик А. В. Топчиев организовал Институт нефтехимического синтеза АН СССР и до последних дней своей жизни был его директором.

Много сил и энергии уделял А. В. Топчиев строительству советской высшей школы. Он был руководителем кафедры органической химии, затем директором Московского нефтяного института им. И. М. Губкина, в 1947—1949 гг. — заместителем министра высшего образования СССР. Выполняя огромную работу в Академии наук, А. В. Топчиев продолжал бессменно руководить кафедрой в Институте нефтехимической и газовой промышленности. Долгие годы он был заместителем председателя Высшей аттестационной комиссии.

Академик А. В. Топчиев был видным и широко известным ученым в нашей стране и за рубежом; его работы сыграли большую роль в развитии отечественной нефтяной и полимерной промышленности. Оригинальные, глубоко научные новаторские труды А. В. Топчиева удостоены Ленинской и Государственной премий.

Научная область, которой посвятил себя Александр Васильевич, — органическая химия, химия нефти. Его исследования в этой области затрагивали важнейшие направления современной химической науки. Еще в тридцатых годах он совместно со своим учителем акад. П. П. Шарыгиным впервые осуществил реакцию нитрования углеводородов с помощью окислов азота и установил основные закономерности этого процесса. До конца своих дней А. В. Топчиев не теряет интереса к реакции нитрования парафиновых углеводородов, а в последние годы под его руководством в Институте нефтехимического синтеза АН СССР успешно исследуются сложные кинетические закономерности газофазного нитрования метана и пропана окислами азота и устанавливается радикально-цепной механизм реакций нитрования в этих условиях. Тонкое кинетическое исследование сложных процессов нитрования — серьезный вклад в развитие цепной

теории химических процессов. Его многочисленные работы в области нитрования обобщены в монографии «Нитрование углеводов и других органических соединений», вышедшей в двух изданиях и переведенной на английский язык.

В первые послевоенные годы, продолжая заниматься изучением реакций нитрования углеводов, А. В. Топчиев проявляет серьезный научный интерес к исследованию реакций алкилирования углеводов и не только по чисто теоретическим соображениям, но главным образом из-за огромного значения, которое имели в то время процессы алкилирования для производства высокооктановых авиационных топлив. А. В. Топчиев, его ученики и сотрудники разработали и новые эффективные катализаторы алкилирования на основе фтористого бора и его комплексов. Новые катализаторы представили практический интерес и получили опытно-промышленное применение, например, при алкилировании бензола пропиленом.

Большая серия исследований ученого в области алкилирования углеводов различных классов с катализаторами на основе фтористого бора значительно расширила наши представления о механизме реакций алкилирования и в значительной мере способствовала широкому применению катализаторов этого типа не только в реакциях алкилирования, но и в многообразных превращениях углеводов. Монографии А. В. Топчиева «Соединения фтористого бора как катализаторы в реакциях алкилирования, полимеризации и конденсации» (1949) и «Фтористый бор и его соединения как катализаторы в органической химии» (1961) не только обобщают результаты многолетних экспериментальных и теоретических исследований, но и служат ценными



Александр Васильевич Топчиев

справочниками, содержащими критический подход к данным мировой научной литературы в этой области.

А. В. Топчиев всегда уделял большое внимание одному из кардинальных вопросов нефтехимии — исследованию состава и свойств нефти и продуктов их переработки. Под его руководством в Институте нефти, а затем в Институте нефтехимического синтеза АН СССР получили развитие начатые еще акад. С. С. Наметкиным капитальные методические исследования по химии нефти. Много лет руководя Лабораторией химии нефти им. акад. С. С. Наметкина в Институте нефти, А. В. Топчиев

осуществил в этой лаборатории ряд оригинальных экспериментальных работ по исследованию состава нефтяных фракций. Эти работы неоднократно докладывались на международных симпозиумах и конгрессах и получили мировую известность. Большие и интересные работы были проведены им также в области кремнийорганических соединений.

Последние годы научной деятельности А. В. Топчиева ознаменовались широким развитием исследований в области химии высокомолекулярных соединений, главным образом полуглеводородов на основе непредельных углеводородов. Чутко откликавшийся на запросы народного хозяйства, А. В. Топчиев в 1956 г. начинает новый цикл работ, связанных с исследованием реакций образования и превращений высокомолекулярных полиолефинов — полиэтилена, полипропилена и других. После пленума ЦК КПСС в мае 1958 г. он значительно расширил эти работы в созданной под его руководством Лаборатории полимеризации олефинов Института нефтехимического синтеза АН СССР.

В сравнительно короткий срок под руководством А. В. Топчиева создаются новые методы получения полимерных материалов, в первую очередь — полипропилена, который сейчас принят промышленностью. Развивая исследования в области высокомолекулярных соединений, А. В. Топчиев с сотрудниками большое внимание уделяет синтезу и изучению свойств нового класса полимеров — полимерных полупроводников. Работы в этой области, обобщенные в подготовленной под его редакцией монографии «Органические полупроводники», известны не только в СССР, но и за рубежом.

Академик А. В. Топчиев — автор свыше трехсот научных работ. Все его научные труды отличаются теоретической глубиной в сочетании с целеустремленной практической направленностью. Для Александра Васильевича, как замечательного представителя самой передовой советской науки, принципом научных исканий была связь теории с практикой, сочетание интересов науки и социалистического производства.

А. В. Топчиев был пламенным пропагандистом и популяризатором. Среди его работ — значительное число научно-публицистических брошюр, статей и популярных изданий. Без преувеличения можно сказать, что не было ни одного значительного события в нашей жизни, на которые Александр

Васильевич не откликнулся бы своим горячим словом. Большое распространение и заслуженную любовь самых широких кругов читателей получили такие работы ученого как «Ленин — прародитель советской науки», «Наука и строительство коммунизма», «Единство теории и практики — могучий источник прогресса науки», «Ломоносов — основоположник отечественной науки», его статьи о триумфальных победах советского народа в завоевании космоса, о задачах науки, вытекающих из Программы КПСС, решений партийных съездов и пленумов. Уже после смерти А. В. Топчиева газета «Известия» опубликовала его статью «О химии, щедрой и могучей», написанную незадолго до кончины. Большое число его научно-популярных произведений опубликовано в журнале «Природа».

Вся научная и общественная деятельность А. В. Топчиева пронизана идеей неразрывного единства науки и коммунистического строительства. Он всегда развивал, неустанно разъяснял и горячо отстаивал теоретическое положение, высказанное Марксом и Лениным об огромной роли науки в социалистическом и коммунистическом обществе, о науке как непосредственной производительной силе общества.

Свою огромную научную и научно-организаторскую работу А. В. Топчиев успешно сочетал с широкой общественной деятельностью. Он был одним из основателей Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний и членом его Президиума, бессменным председателем правления Московского городского отделения этого общества. Он избирался депутатом Верховного Совета РСФСР и Московского городского Совета депутатов трудящихся нескольких созывов, был членом МГК и районного комитета партии. В каждое дело, каким бы ни занимался Александр Васильевич, он вкладывал всю душу, все свои силы, всю свою энергию.

Характеристика деятельности А. В. Топчиева будет не полной, если не сказать о нем, как об одном из активных борцов за мир и международное научное сотрудничество. Он был членом Советского Комитета защиты мира и одним из организаторов и руководителей постоянного международного Пагуошского движения ученых. При встречах на международных конференциях с учеными капиталистических стран Александр Васильевич, как никто другой, умел рас-

сеивать густой туман недоверия и неприязни к нашей стране, которые сеет буржуазная пропаганда, и убеждать, склонять ученых к позициям защиты подлинных интересов мира, устранения угрозы термоядерной войны, к расширению контактов между учеными всех стран во имя мира и прогресса. «Академика А. В. Топчиева, — писал лауреат Международной Ленинской премии «За укрепление мира между народами» Сайрус Итон, — будут помнить вечно не только как выдающегося ученого, а также как высокоуважаемого гражданина мира. Люди всего земного шара, любящие мир, с печалью воспримут его кончину». Многочисленные телеграммы соболезнования, поступившие в Академию наук СССР, свидетельствуют о широкой известности А. В. Топчиева, как выдающегося ученого, талантливого организатора советской науки и страстного борца за мир.

Советский народ, Советское государство высоко оценили многогранную деятельность акад. А. В. Топчиева. Он был награжден двумя орденами Ленина и двумя орденами Трудового Красного Знамени. Мировое признание его научных заслуг выразилось в избрании его почетным членом Венгерской Академии наук, действительным членом Академии наук в Болгарии и Чехословакии, членом-корреспондентом Германской Академии в Берлине и Румынской Академии наук.

Академик Александр Васильевич Топчиев был наделен лучшими чертами советского ученого, ученого страны социализма. Он был ученым и учителем, организатором науки и борцом за мир. Он был коммунистом и большим патриотом своей великой Родины.

Имя дорогого Александра Васильевича Топчиева незабвенно!

---

## СВЕТОВАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА

Секция быстродействующей вычислительной машины, в которой вместо электрического тока используется луч света, построена в лабораториях ИБМ-Дейчланд в г. Бэблинген (ФРГ). Машина работает по обычной двоичной системе. Единица и ноль передаются поляризацией световых лучей в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Поляризаторы или преобразователи состоят в основном из кристаллов дигидрофосфата калия, плоскость поляризации которого поворачивается на  $90^\circ$  под действием поля напряжением около 1000 в. На эти преобразователи и поступают приказы, вкладываемые в машину. Каждый луч света, проходя через свой преобразователь, поляризуется в соответственной плоскости. Затем он попадает на второй поляризатор, выполняющий функции анализатора. В за-

висимости от совпадения или несовпадения плоскостей поляризации луча и анализатора луч либо проходит, либо поглощается. Проходящий луч попадает на фотоэлемент и создает в нем электрический импульс, что означает единицу. Отсутствие импульса означает ноль. Быстродействие машины велико, так как ограничено лишь временем, потребным на изменения плоскости поляризации кристаллов в электрическом поле.

У световых машин три преимущества по сравнению с электронными: независимость системы выдачи машиной информации (оптической) от системы ввода в нее информации (электрической); через один и тот же поляризатор могут одновременно проходить многие световые сигналы, несколько не влияя один на другой; машина выполняет девять последовательных операций, требуемых про-

граммой, не прибегая к усилению работающего светового луча, тогда как электрические сигналы приходится усиливать после каждой двух операций.

Недостаток новой машины заключается в необходимости применения напряжений до 1000 в, в то время как транзисторы электронных машин обходятся напряжением порядка 20 в.

Действующая в Бэблингене установка служит лишь для проверки и демонстрации принципа устройства световых вычислительных машин, предложенного сотрудником ИБМ-Дейчланд Карлом Ганцгорном. Она рассчитана на действия всего с четырехзначными числами и на получение пятизначного результата. Световые машины должны пройти еще длинный путь, чтобы стать опасными соперниками электронных.

## ЖГУЧАЯ ПРОБЛЕМА

*Каспийское море по своей природе и экономическому значению занимает особое место: его водная поверхность составляет 378,4 тыс. км<sup>2</sup>. Каспий обладает богатыми природными ресурсами. Он дает более половины мирового улова осетровых рыб и 95% черной икры. Кроме того, на Каспии ежегодно добывается более 100 тыс. тюленей, на берегах расположены сотни промыслов. Дельта Волги богата зарослями тростника — сырьем для астраханского целлюлозно-картонного комбината. На Каспии широко развита добыча многих ценных солей, в том числе сульфата натрия в Бекдаше. Большое место в экономике страны занимает и сельское хозяйство Прикаспия. Он известен своими садами, бахчами, виноградниками и животноводством. Каспийское море славится своими месторождениями нефти. Велико и его транспортное значение. Но у этого замечательного водоема есть одна характерная особенность — это большие колебания его уровня. Как они отражаются на народном хозяйстве и какие меры могут быть приняты по предотвращению этих колебаний, рассказывается в публикуемых статьях.*

## КАСПИЙСКОЕ МОРЕ БУДЕТ ЖИТЬ

### ПОЧЕМУ МЕНЯЕТСЯ ЛИК КАСПИЯ?

Колебания уровня Каспийского моря происходят с давних времен. Об этом, например, свидетельствуют вышедшие на поверхность в Бакинской бухте развалины сооружения тысячелетней давности — башни-крепости Караван-Сарая, остатки лесов — иней карагача, обнажившихся из-под воды в районе Ленкорани в 1956 г., и т. д.

Вековые колебания уровня Каспийского моря зависят в основном от изменений климата в его бассейне, связанных с солнечной активностью, а следовательно, и общей циркуляцией атмосферы. Начиная с последнего

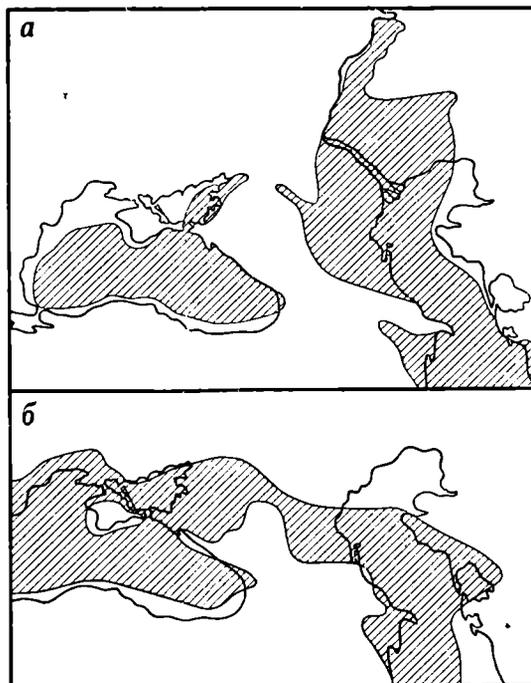
тридцатилетия, на колебания уровня оказывает влияние также хозяйственная деятельность человека, в результате которой из рек вода разбирается на различные нужды, чем вызывается ее безвозвратная потеря для Каспия.

Для установления равновесия уровня прежде всего необходимо, чтобы приходная часть его водного баланса (сток рек, атмосферные осадки на поверхность моря и подземный сток) равнялась расходной (испарению с поверхности моря и стоку в залив Кара-Богаз-Гол). Именно такое равновесие уровня моря в среднем наблюдалось с 1839 по 1929 г. А с 1929 г. приходная часть

водного баланса моря стала меньше расходной, что и повлекло за собой понижение уровня моря. Это было вызвано, с одной стороны, общим потеплением, а с другой — все возрастающей хозяйственной деятельностью человека в бассейне моря. Увеличение посевных площадей, поперечная нахота, снегозадержание, рост орошаемых площадей, сооружение водохранилищ, рост потребления развивающейся промышленности — все это уменьшило сток рек в Каспий и вызвало падение его уровня, который к настоящему времени снизился на 2,51 м от среднего многолетнего. Такого низкого уровня не отмечалось за последние несколько сот лет<sup>1</sup>.

Сильное падение уровня моря вызвало большие изменения в его морфометрии и гидрометеорологическом режиме, особенно в Северном Каспии, а также в бухтах и заливах всего Каспия. Например, в Северном Каспии исчез обширный мелководный залив Кайдак и отчасти Синее Морцо и Комсомолец; в Южном — залив Гасан-Кули и другие мелкие заливы и бухты. Площадь остальных заливов и бухт значительно сократилась. Например, от пос. Прорва, находящегося в районе залива Комсомолец, берег отступил на 40—50 км. Начала отмирать дельта реки Урала (остался лишь один главный рукав). Площадь водного зеркала Северного Каспия сократилась примерно на 18% — со 111 до 91,0 тыс. км<sup>2</sup>. За последние 30 лет дельта Волги отвоевала у моря полосу шириной в 30 км, но зато на 40 км уменьшилась длина ее береговой линии. Площадь же Астраханского заповедника значительно расширилась. О-ва Тюленьи, Чечень, Кулалы и другие увеличили свои площади в два — три раза. О-ва Челекен, Долгий, Сара и другие стали полуостровами, подводные банки Чистая, Укатная, Новинская, Джамбайская и другие — островами; часть их уже заселили рыбаки. Последнее большое понижение уровня моря обнажило много песчаных отмелей, превратившихся сейчас в острова.

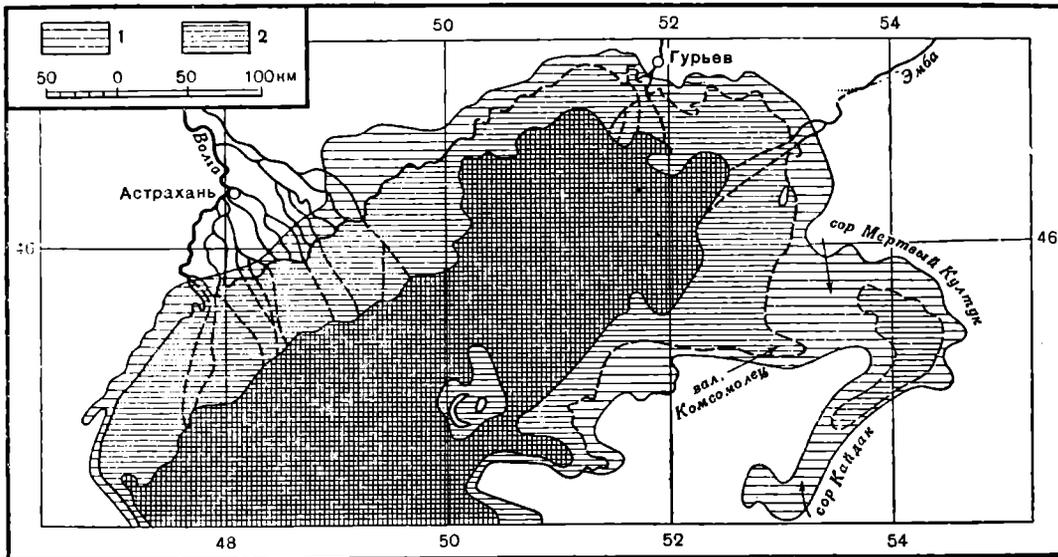
<sup>1</sup> Площадь Каспия при среднем его многолетнем уровне составляет 422 тыс. км<sup>2</sup> (с заливом Кара-Богаз-Гол), а объем — 75,5 тыс. км<sup>3</sup>. Сейчас водная поверхность Каспия равна всего 366,4 тыс. км<sup>2</sup> (без залива Кара-Богаз-Гол площадью около 12 тыс. км<sup>2</sup>). Понижение уровня моря на 2,51 м привело к уменьшению объема его воды на 963 км<sup>3</sup>, что равняется почти четырехлетнему стоку Волги. Однако Каспию свойственны и более низкие уровни.



Несколько тысяч лет тому назад, когда бурно таяли ледники, воды Каспийского моря доходили до Волгограда (а) и соединялись с Черным морем (б), а через Аму-Дарью, впадавшую тогда в Каспий, и с Аральским морем

### ОБМЕЛЕНИЕ КАСПИЯ — УГРОЗА ЕГО БОГАТСТВАМ

Большие изменения уровня Каспийского моря, как его повышения, так и понижения, неблагоприятно отражаются на многих отраслях народного хозяйства. Так, в связи с наблюдающимся сейчас падением уровня моря мелеют подходные каналы, осушаются причалы, доки, появляются новые мели, подводные рифы. В дельте Волги в настоящее время остался по существу один судоходный путь в море — довольно широкий и глубокий проток Бахтемир. Некоторые рыболовецкие колхозы лишились водных путей к Волге и морю и даже для бытовых нужд не имеют пресной воды. Жители некоторых протоков переселились на берега глубокого Бахтемира. Нарушилась работа транспорта в подходах к портам и пристаням, в каналах судоходство стало невозможно. В гаванях крупнейших портов Каспия — Бакинской, Махачкалинской, Красноводской, Пехлевийской и других — и на морских подходах



Неузнаваемо изменился лик Северного Каспия вследствие падения уровня моря и еще больше изменится при дальнейшем его падении. 1 — площадь, обходящая в период 1931—1961 гг.; 2 — площадь, которая обсохнет при дальнейшем падении уровня на 2 м

к ним движение судов возможно только по искусственно поддерживаемым каналам и ковшам.

Особенно неблагоприятно сказалось понижение уровня на рыбном хозяйстве Каспия, в частности на воспроизводстве рыбного стада, так как обмелели районы Северного Каспия, дельты Волги, Урала и др. — самые богатые нерестилища и кормовые угодья. Кроме того, усилившееся загрязнение сточными бытовыми и промышленными водами и нефтью рек и моря сильно отразилось на рыбном хозяйстве. С другой стороны, строительство гидростанций лишило некоторые породы рыб естественных путей их миграции и возможностей проникания на нерестилища.

В 1930—1931 гг. страна получила от Каспия свыше 6 млн. ц рыбы, причем в эту цифру не входила килька, которая в то время по существу не была объектом промысла. За тридцать лет (1961 г.) добыча рыбы уменьшилась почти на 2,3 млн. ц (причем в улов 1961 г. входило 2 млн. ц кильки). Особенно резко снизился улов судака, воблы, сазана, а белорыбца совсем исчезла из промысла.

Понижение уровня моря вызывает трудности и в морской нефтяной промышленности, нарушает работу многочисленного флота, обслуживающего нефтяников, выводит из строя портовые, причальные и во-

доприемные устройства береговых насосных станций, затрудняет бурение и эксплуатацию нефтяных скважин и др.

Сильно страдает от понижения уровня моря сельское хозяйство на побережье Северного Каспия и в дельте Волги: высохли рукава и протоки, в результате чего погибли многие сады, сократились площади ценных зарослей тростника, повысились затраты на орошение огородов, местами не стало хватать воды для животноводческих ферм. Возникла необходимость в дорогостоящих обводнительных системах, искусственном орошении некоторых районов и т. п.

С понижением уровня Каспийского моря связаны и другие серьезные проблемы, например снабжение пресной водой Мангышлака, транспортировка с него полезных ископаемых. Сокращение площади Северного Каспия повлияло на климат северного и северо-западного побережья, он стал более континентальным, усилилось наступление песчаной пустыни в восточной части дельты Волги и сушевы стали частыми «гостями» Северного Прикаспия. Вообще большие амплитуды колебания уровня Каспия вызывают осложнения для многих отраслей народного хозяйства. Как же решить проблему — стабилизировать уровень моря и зарегулировать Каспий,

не нарушая интересов ни одной из этих отраслей?

Исходя из создавшихся современных и перспективных природных и народнохозяйственных условий, на Каспии необходимо определить и экономически обосновать наиболее благоприятный (оптимальный) для народного хозяйства уровень моря. Затем, осуществив ряд технических мер, зарегулировать уровень Каспийского моря на оптимальной отметке (стабилизировать его), с небольшими, допустимыми колебаниями около нее. Для этого нужно иметь, по возможности, надежный долгосрочный и сверхдолгосрочный прогноз уровня моря как по природным (климатическим) факторам, так и по влиянию планируемой хозяйственной деятельности человека в бассейне Каспия.

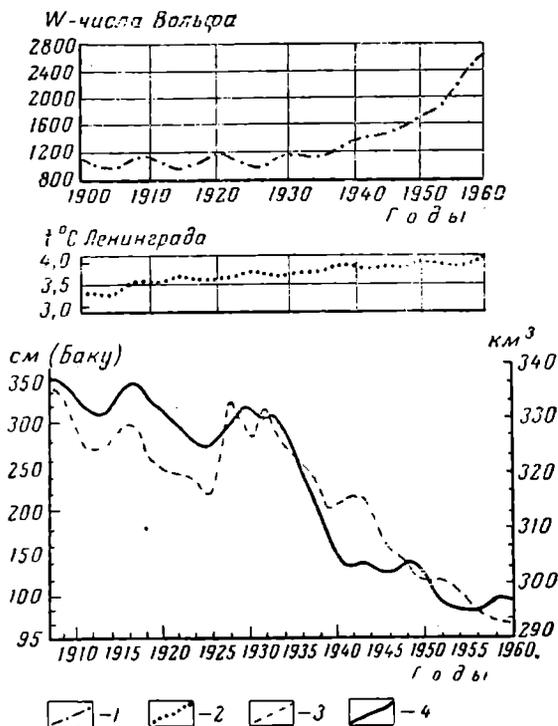
### ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ПОГОДЫ

При составлении долгосрочных прогнозов уровня Каспийского моря не стоит принимать в расчет проявления геологических процессов даже на период 50—100 лет, так как в этом районе они разнонаправлены и за этот период незначительны. Можно считать установленным, что основная причина понижения уровня Каспийского моря — потепление, вызвавшее уменьшение стока рек, а в последние годы и хозяйственная деятельность человека, связанная с использованием стока рек для целей гидроэнергетики, ирригации и др.

Какова же связь колебаний уровня Каспия с изменением климатических условий? Исследования показали, что существенное влияние на климат в бассейне Каспия оказывают колебания солнечной активности, установлена зависимость между числом солнечных пятен и главными метеорологическими элементами — температурой воздуха, атмосферным давлением и осадками. Рост интенсивности антициклональной циркуляции над бассейном Волги за последние 30 лет привел к снижению здесь атмосферных осадков, главным образом в зимнее время, и, следовательно, к уменьшению стока Волги<sup>1</sup>.

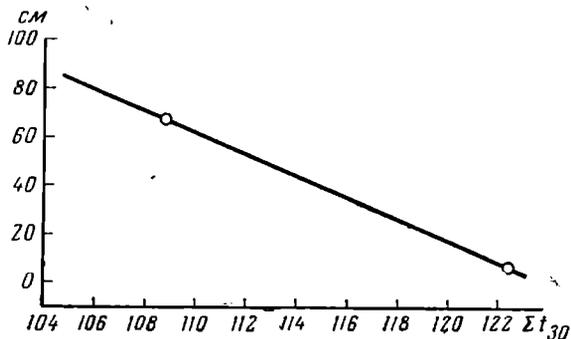
Исследования, проводимые в связи с разработкой долгосрочных прогнозов, показали, что в течение последнего столетия в бас-

сейне Каспия идет постепенное повышение температуры воздуха и как следствие — снижение стока рек. Поэтому уровень моря имеет тенденцию к понижению. Нет оснований считать, что в ближайшие 10—15 лет произойдет резкое похолодание и увеличение стока Волги и других рек, впадающих в Каспий. Следовательно, уровень моря начнет падать, а убытки народного хозяйства расти. Кроме того, в результате развития всех отраслей народного хозяйства в бассейне Каспия в соответствии с 20-летним планом в значительной мере уменьшается сток рек, питающих Каспий. Это уменьшение произойдет в основном за счет заполнения, например, мертвых объемов водохранилищ, расхода воды в них на фильтрацию, испарения, водоснабжения, бытовых и ирригационных нужд и др. Таким образом, реки потеряют значительную часть стока задолго до впадения их в море. Эти потери по мере развития гидротехнического строительства и ирригации будут увеличиваться. Следовательно, кроме климатических причин, уровень моря



Цепочка связей колебаний уровня Каспия по климатическим причинам: рост солнечной активности (1) обусловил рост температуры воздуха (2), что в свою очередь вызвало уменьшение стока рек (3) в Каспийское море и падение уровня моря (4).

<sup>1</sup> Сток Волги составляет около 77,8% к стоку всех рек, впадающих в Каспийское море.



Падение уровня Каспия, рассчитанное на 15 лет вперед (с 1939 по 1955) по сумме температуры воздуха Москвы за предшествующие 30 лет, хорошо совпадает с фактическим падением уровня моря за этот же период. Это дает возможность надежно давать прогноз уровня Каспия по климатическим факторам на 15 лет вперед

значительно снизится за счет хозяйственной деятельности человека.

Есть возможность определить величину этого падения на период 1961—1976 гг. Расчеты показывают, что в результате совместного воздействия климатических факторов и хозяйственной деятельности человека в бассейне Каспия уровень моря за это время понизится еще на 1,11 м (на 0,55 м за счет климата и на 0,56 м за счет хозяйственной деятельности) и будет стоять на 3,62 м ниже своего среднего столетнего положения. При этом учитывается, что ежегодный безвозвратный разбор воды в бассейне Каспия за этот период возрастет с 24 км<sup>3</sup> до 70 км<sup>3</sup> и что с конца 1972 г. осуществится переброска вод рек Севера в размере 37 км<sup>3</sup> в год.

### ОПТИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

Чтобы избежать неблагоприятных последствий дальнейших колебаний уровня Каспия, советские ученые ориентировочно определили оптимальный уровень Каспийского моря и предложили проекты, в которых, в частности, решается и проблема пополнения вод Каспийского моря.

Один из таких вариантов (проект инженера М. М. Давыдова) — поворот течения Оби и Енисея в Среднюю Азию, а оттуда по древнему руслу Узбоя в Каспийское море. Но этот грандиозный проект дорог, требует больших исследований и не может быть осуществлен в ближайшем десятилетии.

Есть предложения соединить Каспий с

Черным морем и, используя их разный уровень, за счет последнего пополнить Каспий. Этот вариант, по нашему мнению, неприемлем, так как более соленые воды Черного моря пагубно скажутся на рыбных богатствах Каспия. Кроме того, был бы нарушен гидрологический и гидрохимический режим Азовского моря, что привело бы к его осолонению и неблагоприятно отразилось бы на рыбном хозяйстве.

Проект, в котором комплексно решается ряд вопросов, в том числе и увеличение питания Каспия водами рек из бассейнов других морей, разработан Гидропроектом. Он предусматривает переброску части стока (по уточненным данным, 37 км<sup>3</sup> в год) Печоры и Вычегды через Каму и Волгу в Каспий.

Однако дополнительная переброска вод по этому проекту к концу 1976 г. не компенсирует потерь Каспия, которые к тому времени возрастут примерно на такую же величину, а следовательно, не поднимет его уровня. Это будет способствовать лишь стабилизации уровня на низкой отметке 1976 г. Но с переброской стока рек Севера в бассейн Камы и Волги связан ряд неблагоприятных последствий в бассейне Печоры и Вычегды. Например, в результате создания Камско-Печорско-Вычегодского водохранилища произойдет затопление площади свыше 13 тыс. км<sup>2</sup>, т. е. в два раза больше крупнейшего в мире Куйбышевского водохранилища. Значительная часть территории будет, кроме того, подтоплена и заболочена самим водохранилищем. На большой площади подыметсЯ горизонт грунтовых вод, а это в условиях избыточного увлажнения пагубно скажется на лесных и вообще растительных угодьях. Ориентировочные расчеты показывают, что на водохранилище будет образовываться ежегодно 8—9 км<sup>3</sup> льда, который при таянии на месте снизит и без того низкие весенние температуры в этом районе.

Кроме того, при осуществлении этого проекта должны быть затоплены пашни Республики Коми и Пермской области, многие промышленные предприятия, около 30 тыс. человек подлежат переселению. Для уменьшения этих неблагоприятных последствий и в интересах наиболее полного и дешевого освоения нефти, газа, каменного угля, соли и других полезных богатств Печорского края сейчас необходимо такое техническое решение проекта, при котором будет макси-

мально ограничена площадь затопления земель.

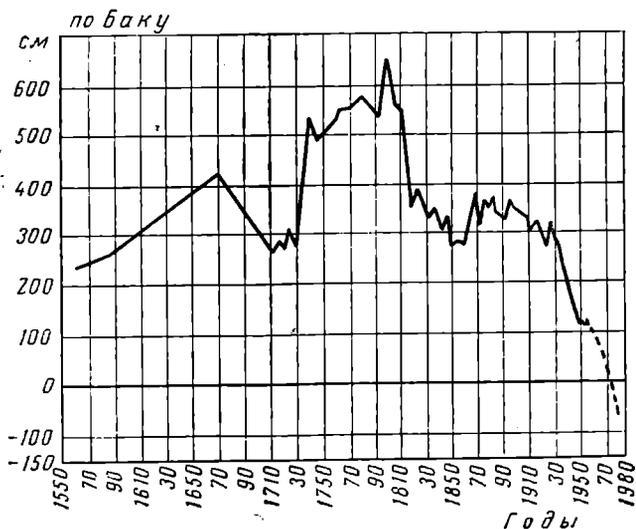
Следует иметь в виду, что Печору и Вычегду, в связи с переброской части их стока через Каму и Волгу в Каспий, на участках рек ниже плотин до впадения крупных притоков (Вишеры и Усы) необходимо дополнительно обеспечить водой.

Данные прогноза свидетельствуют, что в ближайшие годы, когда будет происходить заполнение водохранилища емкостью в  $220 \text{ км}^3$  (т. е. почти равного современному годовому стоку Волги), сток рек Вычегды и Печоры станет ниже среднего многолетнего. А это значит, что заполнение водохранилища может затянуться более чем на 5 лет. Таким образом, для того, чтобы добиться наибольшего экономического эффекта, все эти и другие вопросы, связанные с переброской стока рек Севера в Каспий, необходимо в дальнейшем исследовать и уточнить.

Компенсировать потери воды в Каспии можно частично путем постройки водорегулирующей плотины в заливе Кара-Богаз-Гол. Сток в него из Каспийского моря составляет сейчас  $10 \text{ км}^3$  в год. Для сульфатной промышленности и комплексного использования солевых богатств Кара-Богаз-Гола в перспективе требуется лишь  $4-5 \text{ км}^3$  в год. Поэтому регулирование стока в залив Кара-Богаз-Гол может быть легко и дешево осуществлено, и таким образом разрешится проблема развития химической промышленности на базе сырьевых ресурсов залива. Но при этом будет сэкономлено в водном балансе Каспия  $5-6 \text{ км}^3$  воды в год, что также чрезвычайно важно.

Следует иметь в виду, что некоторые заливы и портовые бухты крайне нуждаются в поддержании в них уровня на более высоких отметках, чем в море, где должен поддерживаться более низкий, так называемый оптимальный уровень. Таким образом, остается в силе идея локального (местного) регулирования уровня моря.

По одному из таких проектов локального регулирования, в значительной мере разрешающих проблему воспроизводства ценных промысловых пород рыб, зарегулирован, например, залив им. Кирова, на юго-западном побережье Каспия. По проекту Б. А. Аполлова, может быть разрешена проблема Северного Каспия, экономически



На этом чертеже показаны колебания уровня Каспия с 1550 г. и как он понизится, согласно прогнозу, учитывая климат и хозяйственную деятельность человека, до 1976 г.

наиболее важной области страдающей от обмеления Каспийского моря<sup>1</sup>. Нужно сказать, что переброска вод Севера и локальное регулирование не исключают, а дополняют друг друга.

\* \* \*

Таким образом, проблема Каспийского моря в первую очередь сводится к разрешению задачи стабилизации его уровня, обеспечивающего устойчивые условия для отраслей народного хозяйства, связанных с Каспием. При этом необходимо стабилизировать уровень моря на оптимальной отметке горизонта воды в море, которая удовлетворит все отрасли народного хозяйства.

Исходя из ориентировочных расчетов и оценки эффективности использования воды

<sup>1</sup> Земляная дамба объемом в 100 млн.  $\text{м}^3$  отделит северную часть Каспия, что приведет к созданию Северо-Каспийского водохранилища и поднятию в нем уровня на 2—2,5 м. При этом могут быть комплексно решены проблемы рыболовства, сельского хозяйства, водоснабжения Мангышлака пресной водой, энергетики, речного, морского и железнодорожного транспорта, ликвидации угрозы ледохода морским нефтепромысловым сооружениям и др. Уровень Северного Каспия в ближайшие два-три года сможет подняться на 2—2,5 м, что возродит былую славу этой жемчужины Каспия. Стоимость осуществления проекта невелика, так как дамба пройдет по малым глубинам.

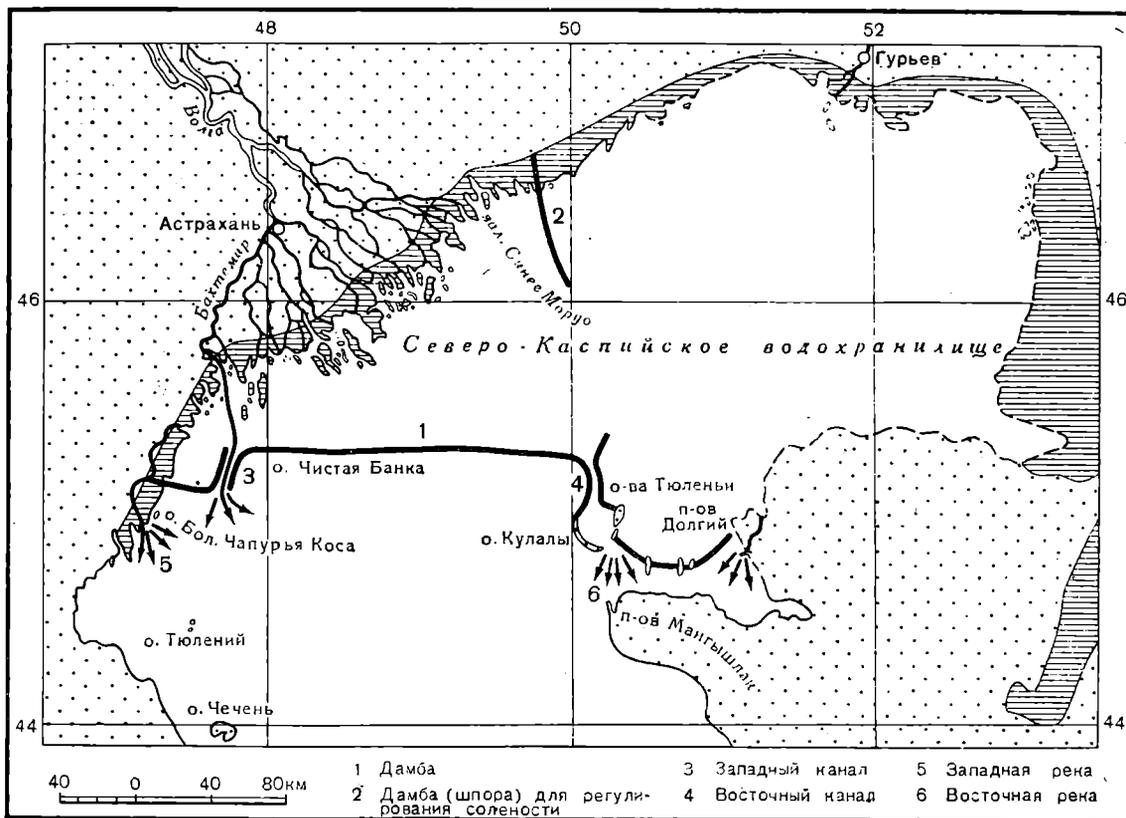


Схема преобразования Северного Каспия (по проекту Б. А. Аполлова)

для развития ирригации, обводнения, промышленного и коммунального водоснабжения, рыболовства, морского и речного транспорта, гидроэнергетики, добычи нефти, галургического сырья, климатического прогноза водности и др., некоторые ученые считают, что такой оптимальный уровень не должен быть высоким; он может быть близок к современному или, возможно, даже более низкий (около — 28 м). При этом также учитывается, что за последние годы отдельные отрасли народного хозяйства приспособились к низкому уровню моря. Так, например, сельское хозяйство освоило большие площади, вышедшие из-под воды и зоны подтопления, особенно в районе низовий рек Терека и Урала. Более того, бурное развитие морских нефтепромыслов происходило в условиях низкого уровня и его повышение вызвало бы необходимость ориентироваться на более металлоемкие и дорогие конструкции. Следует к тому же иметь в виду, что амплитуда колебаний уровня Каспийского моря, составившая за последние полтора ста

лет 6 м, в перспективе уменьшится в Северном Каспии примерно до 1 м, а в Среднем и Южном Каспии — до 1,5—2 м<sup>1</sup>. Использование в многоводные и маловодные годы емкости водохранилищ соответственно для задержки излишних и пополнения (сброса) недостающих вод, а также в многоводные годы для сброса вод залива Комсомолец, Кайдак, впадины Карагис, Ащисор, изменяя нормы водопотребления вообще и нормы полива орошаемых земель в частности, эту амплитуду можно, конечно, уменьшить.

Реконструкция водного хозяйства в бассейне Каспийского моря нарушит водный баланс моря и вызовет изменения в его солености. Теоретическое увеличение средней солености всего моря в связи с понижением

<sup>1</sup> Эти расчеты учитывают переброску стока северных рек, климатические факторы, хозяйственную деятельность человека в бассейне Каспия, создание Северо-Каспийского водохранилища, отделение водорегулирующей дамбой залива Кара-Богаз-Бел.

его уровня до оптимального ординара и сокращением объема составит всего лишь 0,05%, т. е. соленость возрастет с 12,90 до 12,95‰. С другой стороны, при изъятии 37 км<sup>3</sup> воды из Печоры и Вычегды изменения в притоке материковых вод и количестве вод, изливающихся из Белого моря в Баренцево, настолько невелики, что связанное с ними нарушение солености Белого моря едва ли будет заметно.

Проблема регулирования и стабилизации уровня такого огромного водоема, как Каспийское море, до сих пор никем в мире

не ставилась. Однако на основе современных достижений отечественной науки и техники ее надо решить как можно скорее. Каспийское море должно и будет жить и преумножать свои богатства на благо человека.

*Профессор Б. А. Аполлов  
Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова*

*С. Н. Бобров  
Кандидат географических наук  
Институт географии АН СССР (Москва)*

## ЕЩЕ ОДИН ВАРИАНТ

Падение уровня Каспия требует принятия решительных мер по его урегулированию. Не говоря о других отраслях промышленности, обратим внимание на состояние рыбных запасов моря.

Существует несколько проектов, которые предусматривают пополнение Каспийского моря пресными водами. Реальны ли они? Можно ли сбросить в Каспийское море столько пресной воды, сколько необходимо для стабилизации его современного уровня?

Имеющиеся проекты, в том числе и сибирский вариант Давыдова<sup>1</sup>, не только не смогут восстановить уровень на оптимальной отметке, но даже сохранить нынешний. Действительно, если приступить к немедленному осуществлению проекта Давыдова как к наиболее радикальному, то вода начнет поступать в Каспий только в 1970 г. К тому времени в море ориентировочно уже будет недоставать 1500 км<sup>3</sup> воды.

Чтобы довести уровень Каспия к 1985 г. до современного, потребуется в год воды гораздо больше, чем предусматривает проект Давыдова.

Более реален проект переброски вод северных рек на юг, но из этих источников можно получить максимум до 37 км<sup>3</sup> воды, в то время как расход уже в ближайшем будущем достигнет 60 км<sup>3</sup>. Кроме того, расход

пресной воды из бассейна Каспия будет все возрастать, особенно если учесть необходимость увеличения площадей орошения.

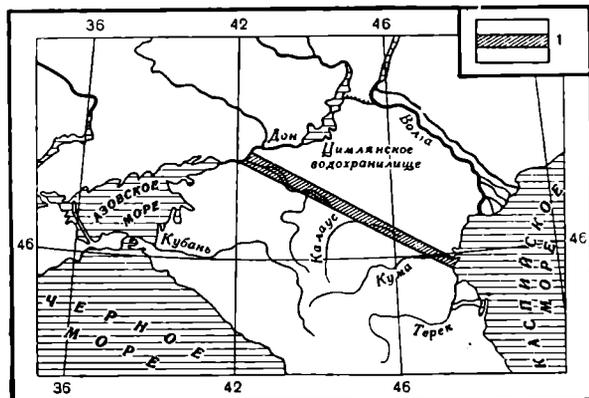
Таким образом, ни зарегулирование стока рек, ни осуществление любого варианта поддержания уровня Каспия не смогут восстановить его прежнего положения.

Восстановить и регулярно поддерживать уровень Каспийского моря на определенной отметке можно только путем переброски азотно-черноморской воды<sup>1</sup>. Противники этого варианта восстановления уровня Каспийского моря свои возражения мотивируют главным образом возможными изменениями солености Каспийского моря, что отрицательно отразится на его фауне. Но действительно ли изменение солености — это главный фактор, губительно влияющий на рыбу и ее кормовую базу?

Уменьшение в несколько раз (по сравнению с 1930 г.) стада наиболее ценных рыб ихтиологи объясняют значительным уменьшением кормовой площади рыб в связи с падением уровня Каспия, большим загрязнением рек и моря, нерациональным ловом рыбы, сокращением площади нерестилищ и до некоторой степени изменением солености моря. Все эти условия обычно рассматри-

<sup>1</sup> Этот проект предлагает устроить плотину на Оби ниже впадения Иртыша. Вода из реки должна будет через Тургайский пролив, Аральское море и затем по Узбою стекать в Каспийское море. Предполагаемый сброс воды составит 75 км<sup>3</sup> в год.

<sup>1</sup> Проведение канала по Маньчу значительно снизит стоимость его сооружения, так как часть его пути будет проходить по поверхности земли между оградительными дамбами, а разница уровней Азовского и Каспийского морей в 28 м позволит построить на трассе канала мощные гидроэлектростанции. Это будет также и хорошая транспортная магистраль.



Схематическая карта с изображением канала, который может соединить Черное и Каспийское моря.  
1 — трасса канала

ваются суммарно, а в какой степени влияет на рыбу каждый из них — неизвестно. В частности, небезынтересно узнать о влиянии солености.

В лабораторных условиях были проведены исследования (Н. Н. Романова, 1959) по выявлению приспособляемости представителей кормовой базы рыб к изменениям солености воды. Оказалось, что хорошо выживают рачки-бокоплавы при изменении солености до 14‰, а некоторые из них — геммариды — легко переносят изменение солености до 20‰ и даже размножаются в этих условиях. Правда, некоторые виды моллюсков, которыми питается, например, волба, более чувствительны к изменению солености как в сторону ее увеличения, так и уменьшения. Не следует, однако, забывать, что на большинство организмов неблагоприятно действует не перемена солености, а скорость ее изменения. Поэтому, если такие же исследования провести с рыбами, то мы увидим, что медленное изменение солености вряд ли заметно скажется на их жизнедеятельности<sup>1</sup>.

Упадок рыбного хозяйства в Каспийском море в большей степени связан с нерациональным ловом рыбы и загрязнением рек и

<sup>1</sup> Чтобы убедиться, что дело заключается не в солености, а может быть, даже и не в размерах кормовой площади, достаточно провести аналогию с состоянием рыбных запасов в Азовском море, где соленость практически остается без изменений, мало изменились нерестилища и кормовая площадь, а запасы рыбы резко сократились. Следовательно, уменьшение рыбных запасов в Азовском море можно отнести только за счет загрязнения рек и моря и за счет нерационального лова рыбы.

моря нефтепродуктами. Скопление их на дне, особенно в водохранилищах, где течение очень слабое, стимулирует развитие сине-зеленых водорослей, которые не только отравляют рыбу, но опасны и для человека<sup>1</sup>. Поэтому, нам кажется, изменение солености — это не основной фактор уменьшения запасов рыбы в Каспии. И если будет построен Азово-Каспийский канал<sup>2</sup>, который повысит соленость Каспия за многие годы на доли промилле, такое незначительное изменение вряд ли заметно отразится на рыбных запасах. Соленость Азовского моря при заборе воды в Каспий из Таганрогского залива также мало изменится (В. С. Самойленко, 1947).

Следует обратить внимание на то, что сток Волги мало опресняет Северный Каспий. Волжская вода сравнительно узкой струей направляется вдоль западного берега моря в котловину Среднего Каспия (М. Ф. Федосов, Л. А. Барсуков, 1959). Строительство Азово-Каспийского канала приведет к тому, что котловина моря будет в значительной степени заполняться не пресной волжской, а более соленой азовской водой. Волжская вода при некотором изменении русла в дельте реки распреснит воды восточной части Северного Каспия, что увеличит и кормовую площадь. Медленное изменение солености даже в начальный период пополнения Каспия водами Азовского моря не отразится существенно на рыбном стаде.

Дополнительно можно отметить, что приток пресной воды в Черное море (осадки, реки: Дунай, Днепр, Днестр, Буг и т. д.) превышает его расход на испарение, благодаря чему распресненный поверхностный слой воды уходит с течением через пролив Босфор в Мраморное и Средиземное моря. Если же будет осуществлено сооружение Черноморско-Каспийского канала, тогда, очевидно, отток воды в Босфор уменьшится и часть распресненной поверхностной воды устремится в Азовское и Каспийское моря. Такое сочетание обстоятельств не слишком нарушит режим Азовского моря, а поперечное сечение Керченского пролива вполне достаточно для пропуска необходимого количества воды. Сейчас нужно в самое короткое вре-

<sup>1</sup> См. «Природа», 1960, № 5, стр. 100.

<sup>2</sup> Чтобы избежать размыва берегов и промывания вод в грунт, ложе канала желательно делать бетонным.

мя восстановить, а затем и поддерживать определенный уровень Каспийского моря, и самым рациональным и единственным способом достижения этой цели будет переброс воды из Азовского моря.

Одновременно необходимо наметить пути реконструкции фауны Каспия, заселения его новыми промысловыми и кормовыми животными и внесения дополнительных биогенных элементов для повышения общей кормовой продуктивности моря, учитывая предстоящие гидрологические изменения. Уже сейчас есть много примеров успешного переселения из Черного моря кефали, синьгиля, остроносика, двух видов креветок, нериса и т. д.

Итак, Каспийское море необходимо сохранить. Для этого сначала надо стабилизировать, а затем восстановить его уровень до оптимальной отметки путем пополнения Каспия азовской водой. Одновременно с принятием самых решительных мер по пресечению загрязнения вод Каспия и рек его бассейна и категорическим запрещением вылова молодняка промысловых рыб, следует определить будущую соленость моря, чтобы можно было заблаговременно наметить к переселению из Азовского или Черного моря рыб, наиболее ценных и пригодных для размножения в измененных гидрологических условиях. По-видимому, правильнее идти путем реконструкции каспийской фауны, чем терять время, ссылаясь на якобы необходимое сохранение существующей солености Каспийского моря. Ведь море может оказаться заселенным только сорной рыбой, так как стадо наиболее цен-



Схематический продольный профиль трассы канала

ных рыб катастрофически уменьшается независимо от солености моря.

Подпор вод северных рек и создание водохранилищ вначале планировались только с целью получения электроэнергии без учета необходимости пополнения Каспийского моря пресными водами северных рек. Поворот рек Северного Ледовитого океана пополнит Каспий пресной водой и может быть дополнением к основному источнику подачи воды из Азовского моря. Так можно будет комплексно подойти к решению Каспийской проблемы. Правда, следует иметь в виду и то обстоятельство, что нежелательно идти по пути создания водохранилищ с затоплением больших заселенных площадей и, главное, хороших земель. Кроме того, нарушатся гидрологические условия окружающей местности, которые не учитываются проектантами. Поэтому и проект перекачивания воды северных рек в Волгу требует немедленного дополнительного пересмотра.

Хочется еще добавить о необходимости полного исключения загрязнения Каспийского моря. Ведь рыба для страны — это такой же ценный продукт, как нефть, хлеб и т. п., и потому к решению этой проблемы необходимо подойти со всей серьезностью.

*И. И. Стась*

*Кандидат физико-математических наук*

*Москва*

## ПРЕМИЯ ИМЕНИ И. М. ГУБКИНА

Президиум Академии наук СССР присудил премию им. И. М. Губкина за 1962 г. доктору геолого-минералогических наук М. В. Кленовой (Институт океанологии АН СССР), кандидату геолого-минералогических наук В. Ф. Соловьеву (Отделение геолого-географических наук АН СССР) и кандидату геолого-минералогических наук Н. С. Скорняковой (Институт океанологии АН СССР) за монографию «Геологическое строение подводного

склона Каспийского моря». Основная ценность этого капитального труда — в широком охвате и освещении целого ряда смежных проблем, среди которых на первом месте стоят вопросы геологии морского дна. В нем впервые обстоятельно изложены данные по нефтеносности и тектонике акватории Каспийского моря, базирующиеся на новом материале, собранном и интерпретированном авторами монографии. Излагаемая здесь история геологического

развития впадины Каспийского моря, в том числе и прилегающих с запада и востока частей суши, позволяет с новых позиций оценивать перспективы нефтеносности всей каспийской депрессии в целом.

Сообщаются также сведения о составе, характере и обстановках образования современных осадков Каспийского моря, имеющие большое значение для познания условий нефтеобразования.

## НОВЫЙ СТИМУЛЯТОР РОСТА

*Гиббереллин — вещество, выделенное из продуктов жизнедеятельности плесневого гриба *Fusarium moniliforme*. Опытами советских ученых чл.-корр. АН СССР Н. А. Красильникова и проф. М. Х. Чайлахяна была подтверждена высокая активность этого вещества и выработана методика его применения в растениеводстве (см. «Природа», 1958, №№ 1 и 7). О широком интересе к нему говорят обе помещаемые ниже заметки.*

## РАСТИТЕЛЬНЫЕ ГОРМОНЫ

Шесть лет тому назад начались интенсивные исследования по физиологии и биохимии нового класса растительных гормонов-гиббереллинов. Эти вещества обладают исключительно сильным действием на рост и развитие высших растений<sup>1</sup>. Обнаружение производных гибберелловой кислоты не только в выделениях гриба *Gibberella*, но и в тканях высших растений поставило гиббереллины на один уровень с ауксинами и кининами, сделав их как бы «универсальными» регуляторами роста. Всего к настоящему времени изучено девять гиббереллинов, которые отличаются один от другого присутствием некоторых функциональных групп или даже одной группы в сложной молекуле, состоящей из четырех сопряженных

колец. Присутствие в молекуле или искусственное удаление из нее некоторых из этих функциональных групп приводило к частичному, а иногда даже и полному исчезновению ростовой активности гиббереллинов.

Очень показательны в этом отношении опыты с автоклавированием гиббереллина  $A_3$  в средах с разным рН (концентрацией водородных ионов). При резко кислотной или щелочной обработке сильно падала гормональная функция этого соединения, и химический анализ обнаруживал частичное, а подчас и полное разрушение молекулы. Гиббереллин  $A_3$  в кислой среде превращался в инертные соединения типа аллогибберовой или гибберовой кислот. Лактонное кольцо и гидроксильная группа при этом в молекуле исчезали.

Изучение ростовой реакции на гиббереллины проводилось, как и в случае ауксинов.

<sup>1</sup> См. «Природа», 1958, № 7, стр. 99—102.

при помощи биологических проб. В качестве биопробы на ростовую реакцию обычно используются карликовые сорта гороха и кукурузы, а также иногда гипокотили (подсемядольные колена) огурцов и семена салата. Наиболее активные гиббереллины, казалось бы, должны были одинаково интенсивно проявлять свои свойства на различных биологических пробах, однако в действительности этого не наблюдалось. Так было испытано 9 известных гиббереллинов, имеющих четкие химические характеристики. На карликовом горохе наиболее активным оказался гиббереллин  $A_3$ , на гипокотылях огурцов —  $A_4$ , а на гипокотылях салата —  $A_7$ . Это колебание активности изученных гиббереллинов в разных биопробах можно объяснить присутствием в тканях применявшихся биотестов неодинакового уровня природных ростовых веществ, по-видимому, вступающих во взаимодействие с вводимыми извне гормональными соединениями.

По этому вопросу в литературе существуют две противоположные точки зрения. С одной стороны, предполагается, что гиббереллины самостоятельно на растение не действуют. Они лишь повышают уровень природных ауксинов, которые и вызывают ростовые реакции. Каков же механизм действия гиббереллина в этом случае?

Поступая в растение, гиббереллин подавляет систему, разрушающую ауксин. Эта система представлена в растении либо особым соединением полифенольной природы, служащим ингибитором ауксина, либо целым комплексом: «ингибитор фермента ауксиноксидазы — сама ауксиноксидаза». Таким образом, блокируя полифенольный ингибитор или повышая активность ингибитора ауксиноксидазы, гиббереллин вызывает накопление в растении природных ауксинов, которые и действуют в качестве непосредственных регуляторов ростовых процессов.

Против этой теории, обычно, выдвигаются эксперименты, показывающие, что при подавлении природных ростовых гормонов антиауксином, гиббереллин все равно вызывает интенсивное растяжение отрезков стеблей гороха. Поэтому связывать ауксин и гиббереллин в один гормональный комплекс нельзя. Можно лишь предположить, что гиббереллин и ауксин включаются в процесс регуляции такой сложной реакции как растяжение ткани и последовательно выключаются из него.

Итак, вопрос о механизме действия гиббереллина оказался спорным уже на самом первом этапе своей разработки. Неясно, участвует ли ауксин в том сложном ростовом эффекте, который вызывается гиббереллином. На этот вопрос попытался экспериментально ответить Н. П. Кеффорд<sup>1</sup>. Для этого он поставил серию опытов с проростками риса. Рис как объект был выбран не случайно. Дело в том, что проростки риса содержат фермент ауксиноксидазу, регулирующую в активном состоянии уровень ауксина в их тканях. Если активировать этот фермент, ауксины будут разрушаться, и рост проростков замедлится. Если подавить активность этого фермента, то уровень ауксинов, наоборот, возрастет и рост проростков усилится. Таким образом, искусственно меняя уровень ауксинов в тканях и вводя затем гиббереллин, можно проследить действие последнего на различном ауксиновом фоне. Так, погружая проростки риса в воду и тем самым затрудняя доступ кислорода, автор подавлял деятельность ауксиноксидазы. При этом ауксин накапливался, вызывая вытягивание проростков, а введенный в воду гиббереллин в значительной мере усиливал этот процесс. Если же антиауксин — параклорфеноксимасляная кислота — подавлял ауксины в проростках, гиббереллин все-таки усиливал рост, но это усиление было очень незначительно.

Из этих экспериментов следует логический вывод, который и делает Кеффорд: путь действия гиббереллина лежит через ауксиновый ингибиторный обмен. Эта серия опытов поддерживает ауксиновый путь действия гиббереллина. Однако вопрос о механизме действия гиббереллина на растение только еще начал разрешаться. Совершенно неясно, каким образом гиббереллин способен столь энергично вытягивать ткани — свойство, которое не было присуще в такой мере ауксинам. Итак, механизм действия гиббереллина на растение пока еще остается загадкой, но загадкой, которую экспериментаторы интенсивно стремятся разрешить.

*В. И. Кефелли*

*Институт физиологии растений АН СССР  
Москва*

<sup>1</sup> См. «Plant Physiol.», v. 37, 1962, № 3, p. 380—386.

# ГИББЕРЕЛЛИН НА ВИНОГРАДНИКЕ

Гибберелловая кислота, обладая высокой физиологической активностью, благоприятно влияет на рост и развитие растений. Бюро секции виноградарей г. Николаева при областном филиале общества охраны природы проводило опыты по применению гиббереллина на винограднике.

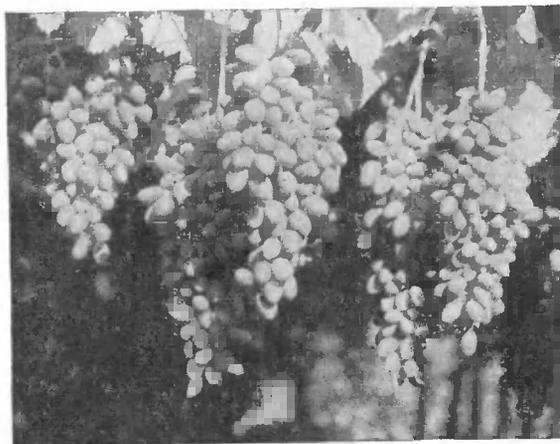
Раствор приготавливался следующим образом: гибберелловую кислоту в дозах 50, 100 и 200 мг предварительно растворяли в 10 см<sup>3</sup> этилового спирта; каждый из полученных растворов разбавляли в 1 л дистиллированной воды. Приготавливали также вариант гиббереллина в концентрации 100 мг на 1 л.

Свежеприготовленными растворами из пульверизатора дважды в день опрыскивали соцветия винограда: первый раз 14—16 июня и повторно 29—30 июня (в это время виноград уже полностью отцвел). Было обработано всего 146 кустов винограда следующих сортов: Чауш, Хусайне, Карабурну, Королева Елизавета, Мускат гамбургский, Халили черный, Якдона, Таифи розовый, Кишмиш черный, Дамасская роза, Сенсо, Мускат александрийский, Победа, Матяш-янош, Рислинг, Алиготэ, Нимранг, Агадан, Паркент и др.

В качестве контроля оставляли отдельные, не обработанные гиббереллином кусты,



Сорт Чауш. В грозди из 108 ягод 28 наиболее крупных, без единого семечка



Сорт Чауш, обработан разновидностью гиббереллина в концентрации 100 мг/л

а в отдельных случаях несколько необработанных соцветий на том же кусте. Каждый из 42 сортов был обработан гиббереллиновыми растворами трех разведений (50, 100 и 200 мг/л).

В течение всего вегетационного периода над кустами, как обработанными гиббереллиновым раствором и его разновидностью, так и контрольными, велись наблюдения. Особое внимание обращалось на те кусты и гроздья, в которых ягоды оказались крупнее по сравнению с контрольными и без семян.

Резко выраженный результат действия гиббереллина был отмечен только у следующих сортов: Чауш, Кишмиш черный и Дамасская роза, особенно на тех кустах и соцветиях, которые были обработаны гиббереллином в концентрации 200 мг/л. На остальных 39 сортах винограда заметного действия гиббереллина и одной из его разновидностей не обнаружено.

Г. В. Гаврилов

Николаев

## ЗАВОД-ПАРК

*Мы вновь возвращаемся к теме «Завод-сад», «Завод-парк», к зеленому одеянию наших социалистических предприятий<sup>1</sup>. Публикуя в этом номере журнала статью нашего корреспондента, посетившего завод «Калибр» летом 1962 г., мы надеемся, что благородному примеру калибровцев последуют десятки и сотни предприятий. Пусть уже сейчас, в зимние месяцы, развернется подготовка к озеленению заводов и фабрик по всей стране.*

Позади осталась оживленная московская магистраль — проспект Мира, представленная всеми видами городского транспорта. Мы прошли ворота; вокруг — пышная зелень деревьев и густых кустарников. Повеяло прохладой, ароматом цветов. Мы на территории завода «Калибр».

По зеленым тоннелям из сомкнувшихся крон деревьев деловито снуют автокары, разъезжают машины, на скамейках под кустами сирени расположились в обеденный перерыв группы рабочих. А вот из цеха озеленения пронесли веселые букеты из ярких лилий и нежных аквилегий — подарок приезжим артистам. И кажется, что этот крупный завод вырос среди подмосковной лесной чащи. Поэтому вызывает такое удивление у многочисленных экскурсантов и молодых рабочих рассказ о том, что вся эта

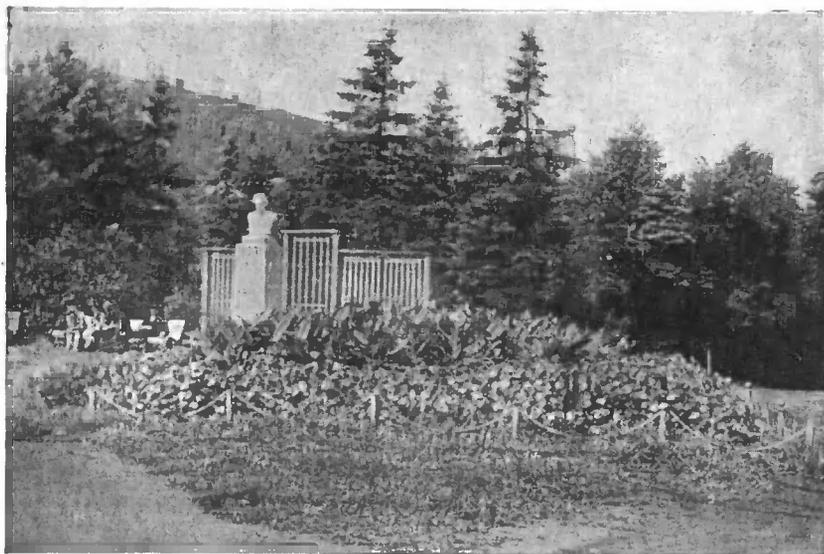
зеленая благодать возникла на месте бесплодной городской свалки, на горах строительного мусора, глины, битого стекла...

Труд и смекалка рабочего человека преобразили пустырь в цветущий сад. Разравнивали территорию завода, завезли немало



Цветы встречают вас уже у входа

<sup>1</sup> См. «Природа», 1960, №№ 3, 10, 12.



Клумба канн

плодородной земли. И недаром потрудились энтузиасты озеленения. Теперь здесь разрослись настоящие зеленые чащи из тысяч деревьев и кустарников. Как радуется глаз эта зелень! И не верится, что тут же, по соседству — цехи, где работают с газом, бензином, эмульсиями...

Пройдемся по этим заводским зарослям.

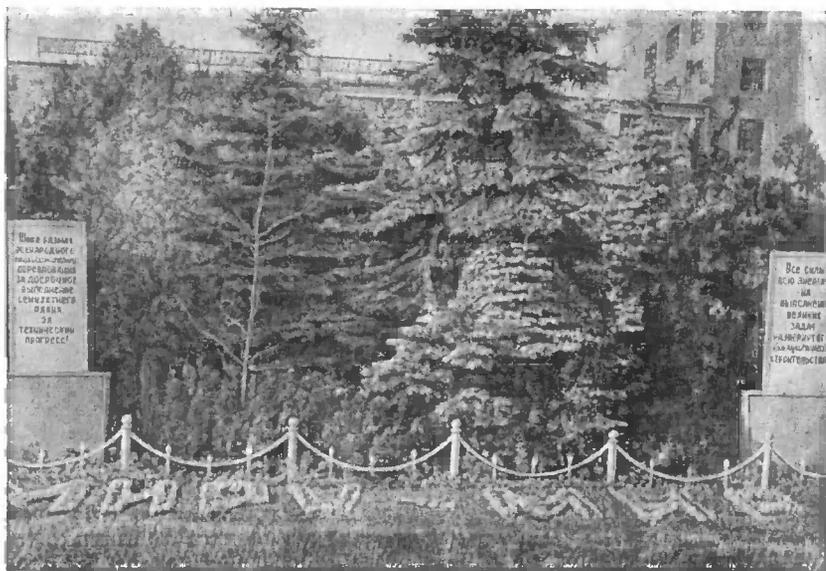
Какие же из наших зеленых друзей прижились на заводской земле? Вот веселая аллея из кудрявых лип. Это любимое дерево городских озеленителей. Красива аллея из кленов с их ажурной листвой. Пышно разрослись ясени. Наиболее парадные места украшают величественные голубые ели.

Приятно ласкает взор красивая листва и компактные кроны каштанов. Эти южные переселенцы из Киева и с известной лесостепной опытно-селекционной станции декоративных культур (Липецкая область) прекрасно себя чувствуют под московским небом. Их здесь не один и не два, а свыше ста. Каждую весну распуска-

ются их оригинальные крупные соцветия, похожие на светильник. Раскрывает ароматные цветы и другая южанка — белая акация. Целая аллея отведена весенней красавице — черемухе. Много рябинок, стройных березок, быстрорастущих топей.

Большую прелесть древесным посадкам придают опушки из кустарников — калины, боярышника, жасмина. Но наибольшей популярностью пользуется сирень. Ее здесь почти полторы тысячи кустов с самой разнообразной окраской цветов и несравненным ароматом. Прижилась в завод-

ском парке и «царица цветов» роза: 500 кустов лучших ее сортов высажено здесь, в том числе и знаменитый сорт Кабардинка советского селекционера И. П. Ковтуника (этот сорт был отмечен почетной премией еще на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке 1939 г.). Надежны и красивы живые изгороди из боярышника, барбариса.



Уголок леса на заводе



Аллея зимой

А как приятно было увидеть близ заводского корпуса кудрявую яблоньку, обильно усыпанную завязями плодов! Плодовые деревья нужно как можно больше применять для озеленения заводских территорий. Калибровцы высадили у себя 600 яблонь. В большинстве это мелкоплодные, но весьма декоративные и урожайные китайки. Есть здесь и мичуринские сорта Бельфлер-китайка, Пепин шафранный, Славянка, а также известные старинные русские сорта: Антоновка обыкновенная, Анис полосатый, Грушовка московская, Белый налив и др.

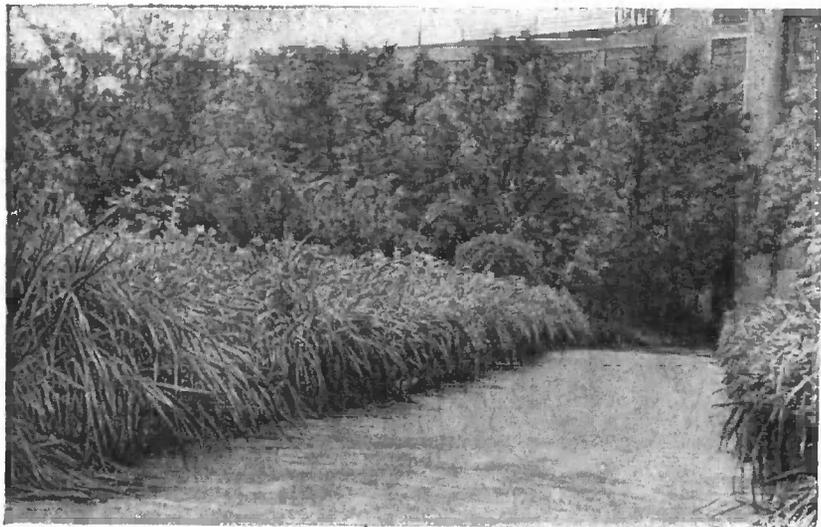
Есть у калибровцев свой вишневый сад. В нем растет 350 вишен известных сортов Владимирская и Шубинка. Глаз не оторвешь от цветущего вишневого сада. Да и урожай собирают неплохой.

Море цветов разливается здесь с ранней весны до глубокой осени. На заводе оценили прелесть многолетников; на них идет зна-

чительно меньше средств, чем на однолетники. Пышные рабатки из ирисов с пеонами, флоксами, лилиями, теневыносливыми аквилегиями и астильбе тянутся вдоль дорожек, стен. Весной тут цветут нарциссы, тюльпаны и даже гиацинты.

Богато представлены и любимые в Подмосковье георгины; в заводской коллекции их свыше ста сортов. Вот знаменитый сорт За мир! с чисто белыми крупными соцветиями. Выведен он известным советским селекционером М. Ф. Шароной. Есть и другие прославленные сорта. Хризантему напоминают соцветия сорта Мефистофель, весьма живописны темно-красные с белым соцветия сорта Вальс цветов, оранжевые с белыми кончиками цветки сорта Бахчисарай...

Здесь огромный выбор и однолетников: душистый табак, яркие циннии, махровые петунии, а также антиринум, или львиный зев, астры и др. Цветами не только любят-



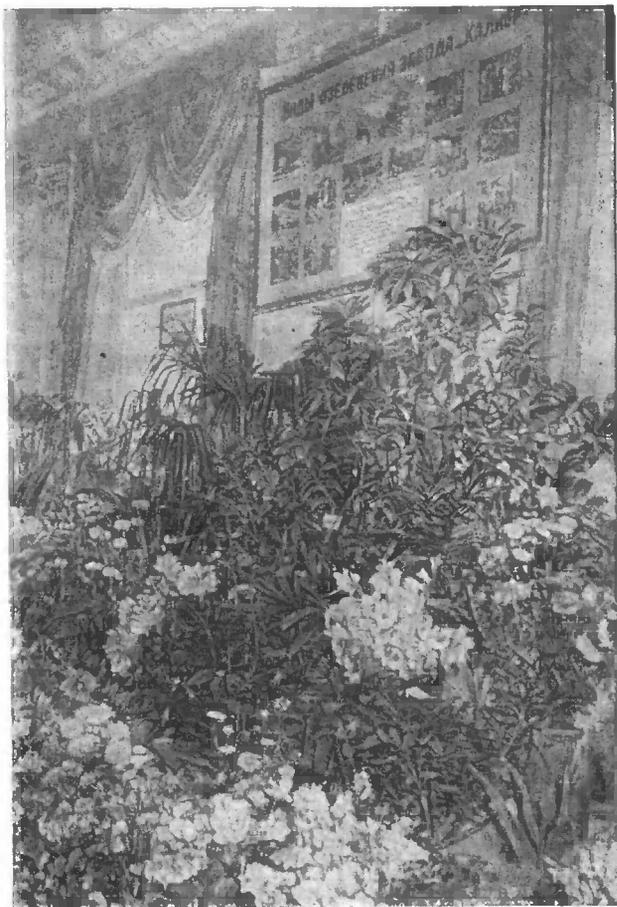
Ирисы

зуют для оформления зимних букетов. Ценными для внутрицехового озеленения оказались драцены и кордилины. Эти весьма распространенные комнатные растения с длинными узкими листьями довольно декоративны и издали напоминают пальмы. Они теневыносливы, переносят сухость воздуха, пары бензина и газ. В цехах завода «Калибр» мы найдем красивые пальмы (хаморопс и финиковые), неприхотливый лигуструм, офопогон, лавровишню, олеандры, аукубу, или золотое дерево, кливии.

ся: яркие букеты всегда готовы для рабочих. Зеленый цех дарит их по случаю различных семейных событий. В приятном цветочном оформлении проходят на заводе собрания.

Заглянем теперь в цехи. Здесь царство оранжерейных и комнатных растений. Какие же из них смогли прижиться в столь необычной для них обстановке? В свое время для решения этих интересных вопросов были привлечены научные сотрудники Главного ботанического сада Академии наук СССР, и сотрудничество с ними принесло хорошие результаты. Выявленный здесь ассортимент может представлять интерес для озеленителей многих промышленных предприятий. Вот наиболее популярные представители этой цеховой «флоры». Первое место по выносливости принадлежит аспидистре и рускусу; это настоящие заводские чемпионы среди наших зеленых друзей. Аспидистра не только неприхотлива, но и очень декоративна. Недаром ее издавна разводят в комнатах, где она больше известна под названием «Дружная семейка». Аспидистра оказалась чрезвычайно теневыносливой, она хорошо переносит сухость и запыленность воздуха, присутствие в воздухе газа и паров бензина. Редко найдешь столь счастливое сочетание таких ценных качеств. Они делают аспидистру настоящим цеховым растением.

Так же теневынослив и неприхотлив рускус, или иглица, который широко исполь-



Внутреннее озеленение

Ежегодно цех озеленения завода выращивает свыше 300 тыс. оранжерейных, комнатных и однолетних грунтовых растений. Цветы идут не только для украшения завода. Их отправляют для оформления заводского пионерлагеря, расположенного в живописной Рузе, детского сада, турбазы, близлежащих школ, дарят рабочим и служащим завода.

Всем этим зеленым хозяйством руководит начальник цеха озеленения завода М. М. Щербаков, развивающий дело, начатое садоводами И. Л. Плеером и И. П. Усовым. Активно помогает озеленению вся заводская общественность. Калибровцы гордятся заводским парком, созданным их руками. Они любовно ухаживают за своими зелеными друзьями. Ведь зелень на заводе не только чудесное украшение, приносящее людям радость, — она оздоравливает воздух, приглушает шум. Зелень на заводе — это признак высокой культуры производства!

Цех озеленения завода «Калибр» — участник Выставки достижений народного хозяйства в Москве. В павильоне «цветоводство и озеленение» посетители с интересом знакомятся с его работой. За озеленение территории завода калибровцы были награждены серебряной и бронзовой медалями; почетный аттестат они получили и за коллекцию цветочных растений, представленных в широком ассортименте.

За консультацией по озеленению заводской территории сюда обращаются многочисленные делегации из различных промышленных центров страны. Тут побывали представители ленинградских, киевских, свердловских, брянских и других предприятий.

Пусть же благоухают цветы и распускается пышная зелень не только на городских магистралях, но и на территориях наших заводов и фабрик!

*Б. А. Быхов*

*Москва*

## ОПУХОЛЕВИДНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ВЕТЛЕ

В ветляниках Волги, Урала, Кубани и других рек можно иногда видеть на ветлах своеобразные наплывы, как муфты охватывающие стволы или занимающие до половины их окружности. В Красном лесу (Краснодарский край) эти образования, называемые бугорчатым, или опухолевидным раком, встречаются на 30% деревьев. А. И. Воронцов подобные «опухолы» связывает с вирусной инфекцией, ранее им приписывалось бактериальное происхождение.

В кубанских ветляниках зараженность «раком» отмечается в насаждениях различного возраста; наиболее заражены спелые ветляники. Опухолевидные образования развиваются на ветвях, стволах и корнях, их диаметр колеблется от 1,2 до 10 см, большинство имеет шаровидную форму. Вначале они серовато-зеленые, гладкие, в дальнейшем становятся бурными, шероховатыми, бугристыми и растрескиваются. Древесина таких наплывов свилевата, физико-механические показатели ее в два-три раза выше, чем у нормальной древесины ветлы. По своему анатомо-гистологическому строению наплывы представляют собой гиперплазию, т. е. увеличение числа клеток.

Пораженные «раком» деревья часто одновременно заражены трутовиком, подвержены бурелому.

*Ю. Б. Синадский*  
*Москва*



Наплыв на ветле (пойма Кубани). На пятидесятилетнем дереве всего 6 наплывов. Самый крупный расположен на высоте 4,1 м, диаметр его 41 см

## НА ПЯТИГОРСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В Пятигорске находится старейшая в стране сейсмическая станция. Она организована более 50 лет тому назад (в 1909 г.). В создании этой станции принял участие основоположник русской науки о землетрясениях — сейсмологии акад. Б. Б. Голицына. Место для сейсмической станции было выбрано в Пятигорске на территории «Казенного сада», принадлежавшего Управлению Кавказских минеральных вод. Здесь в 1909 г. инженером И. И. Байковым, по его же проекту, был возведен павильон (рис. 1) из кирпича с железобетонным перекрытием, состоящий из двух комнат: аппаратной и вычислительной.

В аппаратной были установлены сейсмографы, сначала два маятника системы Цольнера, а несколькими годами поз-

же — два комплекта тяжелых маятников с механической записью, конструкции Б. Б. Голицына. В 1932 г. их заменили сейсмографами системы П. М. Никифорова, производившими запись колебаний земной коры с увеличением около 400 раз вместо 50. В октябре 1950 г. станция была оснащена новой аппаратурой — сейсмографами общего типа системы Д. П. Кирноса. В настоящее время она имеет полный комплект приборов Д. П. Кирноса и тяжелый маятник Б. Б. Голицына.

Станция собрала богатый материал о сейсмичности района Кавказских минеральных вод. За период с 1771 по 1959 г. было отмечено 274 местных подземных толчка, из них наиболее сильные, в 7 баллов, произошли в 1905 и 1921 гг. Эти землетрясения вызвали

трещины в зданиях. По числу землетрясений до 5 баллов выделяется 1939 г. — 23 землетрясения. Собран также большой материал о подземных толчках на территории Северного Кавказа, начиная со II века до нашей эры. Только за период с XVIII столетия на Северном Кавказе отмечено 2174 землетрясения.

В последнее время на сейсмической станции исследовалось влияние приливов в земной коре (притяжение Луны) на землетрясения. Наибольшее их число приходится на период новолуния и полнолуния.

Продолжаются работы по изучению влияния землетрясений на минеральные источ-

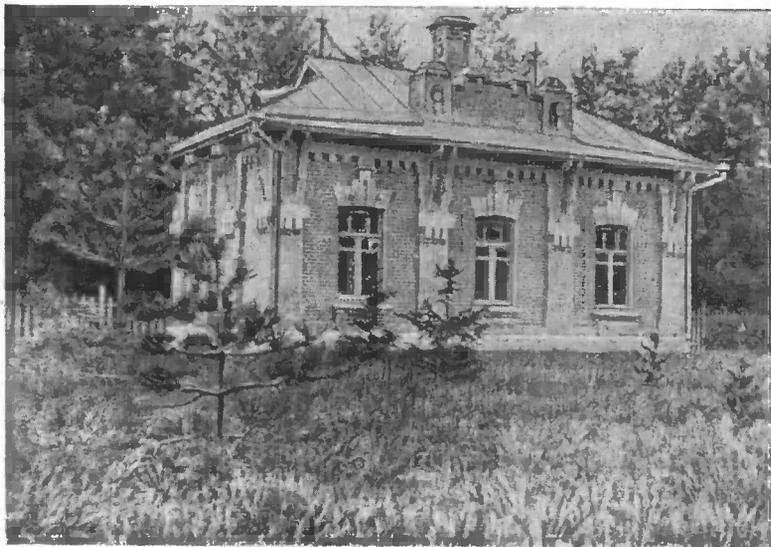


Рис. 1. Павильон сейсмической станции «Пятигорск»

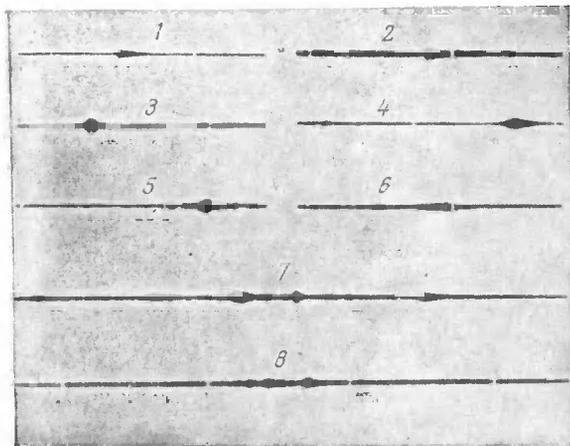


Рис. 2. Несеismicкие колебания, вызванные фонтанированием нефтяных скважин. Цифрами указаны эти колебания

ники. В Пятигорске появились новые источники и прекратили существование старые; изменился дебит источников Кисловодска, Ессентуков и Железноводска, их химический состав, температура воды и мощность. Вообще за указанный промежуток времени (1771 — 1959) наблюдалось 12 случаев влияния землетрясений на состояние минеральных источников.

Еще в конце XIX столетия предполагалось, что перед наступлением землетрясения режим минерального источника нарушается. Это объясняли тем, что нарастающие напряжения в земной коре оказывают влияние на водоносный горизонт. В настоящее время на Кавказских Минеральных Водах специальной аппаратурой фиксируется режим минеральных источников.

Еще в 1910 г. Бакинской сейсмической станцией установлено, что на сейсмографах регистрируются колебания несейсмического характера, вызванные прогибанием земной коры, происходящим от усиленной откачки нефти. Такие же колебания наблюдаются и на сейсмограммах Пятигорской станции (рис. 2). Наряду с ними регистрируются колебания еще и другого вида. Предполагают, что эти последние вызываются резкими понижениями температуры атмосферы, порождающими в земной коре медленные «длинные» волны (рис. 3).

Они имеют период в одну и несколько минут, в отличие от другого вида колебаний с периодом около 30 сек. Существует еще один вид колебаний, порождаемый трением воздушных масс о земную поверхность, — это ветровые колебания. Они также регистрируются нами при возникновении ветра даже на расстоянии 100—150 км от станции.

Работа станции не ограничивается регистрацией сейсмичности Кавказа, а охватывает почти весь земной шар. Нами отмечены некоторые землетрясения, происшедшие в Западном или Южном полушариях на расстоянии более 15 тыс. км от Пятигорска. Насколько они часты, можно судить хотя бы по тому, что в Пятигорске только за 9 лет было зарегистрировано 4402 землетрясения, из них 174 местных, очаг которых находился в районе Кавказских Минеральных Вод, где в среднем ежемесячно ощущается около двух подземных толчков. Наблюдения Пятигорской сейсмической станции дают обширный материал для

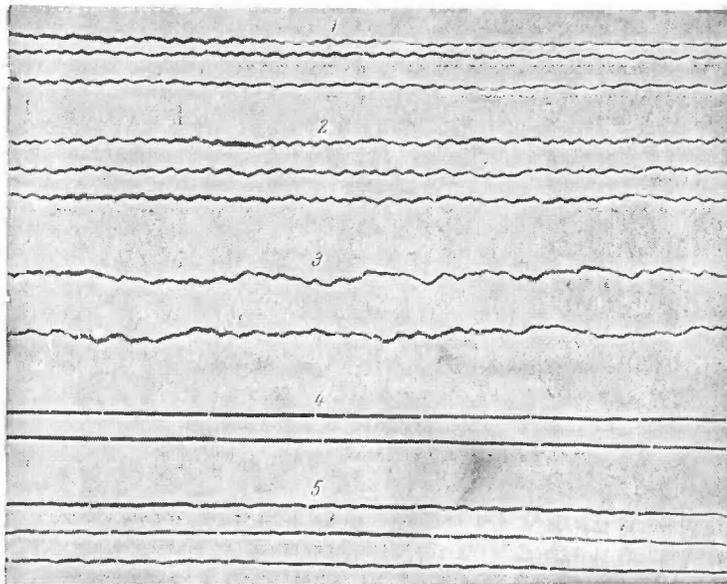


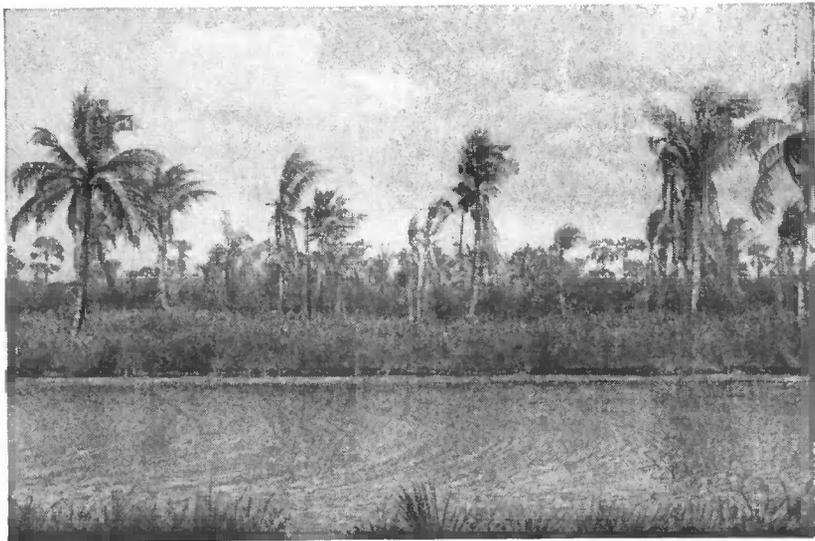
Рис. 3. Несеismicкие колебания (показаны у цифры 3), вызванные нагреванием почвы

познания сейсмичности нашей страны, особенно Центрального и Северного Кавказа.

И. Н. Никитин

Сейсмическая станция АН СССР  
(Пятигорск)

## ТОРФ НА КУБЕ



Пальма Кана на мелкозалежном участке торфяного месторождения

Топливо-энергетическая промышленность Кубы базируется на привозной нефти. Поэтому выявление и разведка торфяных ресурсов и их использование создают дополнительные возможности для развивающегося народного хозяйства республики. Советские специалисты оказывают своим кубинским коллегам дружескую помощь в изучении природных богатств страны. Наряду с разведкой других полезных ископаемых в настоящее время в стране развернуты работы по освоению торфяных запасов.

Каковы же потенциальные запасы торфа на Кубе и их особенности?

В тропических условиях страны широко развиты болотообразовательные процессы с накоплением торфа. Заболоченные территории распространены по побережью в провинциях Ориенте, Лас-Вильяс, Матамас, Гавана и Пинар-дель-Дио, а также на о-ве Пинос. Выявлено свыше 150 тыс. га торфяных месторождений. Самым значительным оказался торфяной массив Сьенага-де-Сапата, расположенный на п-ве Сапата. Разведочные работы позволили раскрыть интересные особенности в строении торфяной залежи, характере рельефа дна, взаимосвязи растительных ассоциаций с распределением глубин залежи и т. п.

Торфяной массив Сьенага-де-Сапата протянулся с востока на запад более чем на 100 км. Постепенно расширяясь, он как бы соединяется с Карибским морем (залив де

ла Броа), где торфяная залежь образует широкую береговую полосу в несколько десятков километров.

Процессы торфообразования связаны здесь с существованием впадины, постепенно опускающейся вместе со всей южной частью острова. Особенности геоморфологического строения и климата способствовали появлению мощной травянисто-кустарниковой растительности и накоплению торфяной залежи низинного типа. В подстилающих слоях преобладают известковые отложения. Центральная, наиболее глубокая часть впадины — это район лагуны Тесоро, где при зондировании обнаружены мощные слои торфяной залежи, достигающие 8—10 м.

Торфяной массив Сьенага-де-Сапата — пример крупного месторождения, образовавшегося в тропических условиях. Площадь его в границах промышленной залежи превышает 100 тыс. га. Поверхность покрыта типичной для тропических болот растительностью — кортадерой, икако, яной, хукаро, хункильо, масио, пальмой Кана и др.

При разведке выявлена тесная связь между характером растительных ассоциаций и торфяной залежью. Например, преобладание сплошных зарослей кортадеры сопровождается обычно наиболее мощными слоями торфа. Крайки массива или участки с более мелкой залежью заняты часто пальмой Кана, икако и др.

Моховой покров на поверхности массива, в отличие от торфяников умеренного пояса, отсутствует и залежь всюду покрыта слоем воды в 10—30 см. Почти нет пней, за исключением поверхностных, но развиты мощные (более 1 м) наносы и прослойки извести, а также донные отложения в виде мергеля. Особенно значительны эти наносы в северной части массива, куда они, по-видимому, намывались потоками ливневых вод с окружающих территорий, сложенных кавернозными известняками. Иногда между торфом и подстилающим грунтом (известковыми породами)

расположены водонепроницаемые слои глины. В западной части массива в районе рек Гуареро и Гонсало отмечаются мощные выходы грунтовых вод. Происхождение подземных рек, протекающих под массивом и выходящих на поверхность в районе бухты Кочинос, связано с карстовыми явлениями. Торф здесь содержит разложившиеся остатки кортадеры, масио, монгры и других травяных и кустарниковых растений низинного типа. Общие промышленные запасы торфа на массиве определяются в 500 млн. т при

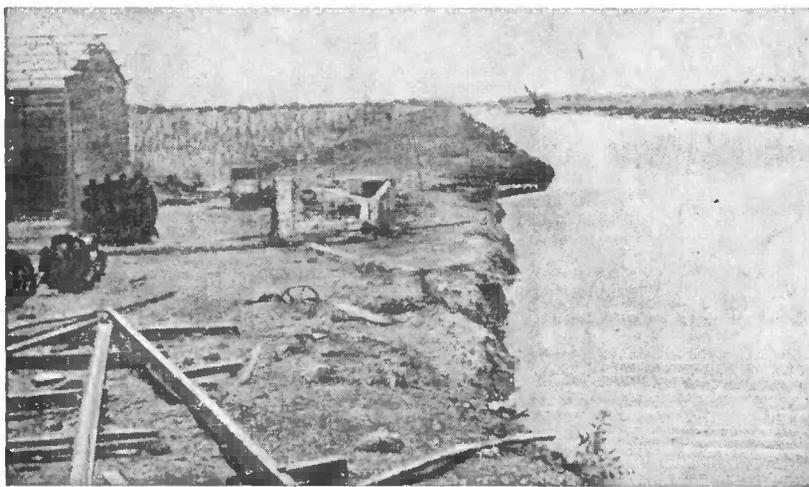


Топи на торфяном месторождении

благоприятных качественных показателей его как топлива. Однако освоение данного торфяного месторождения связано с большими трудностями, так как торфяная залежь в большей своей части лежит ниже уровня моря. Осушить ее невозможно и поэтому потребуется решить ряд сложных технологических и гидротехнических вопросов.

Правительство Республики Куба уже начало на торфяном месторождении Сьенага-де-Сапата строительство дорог, каналов, шлюзов и других сооружений, необходимых для хозяйственного освоения территории. Создание здесь топливно-энергетического предприятия поможет быстрейшему комплексному освоению этого заболоченного района.

При разведке торфяного месторождения Сьенага-де-Сапата мы столкнулись с довольно сложными условиями тропических болот. На значительной своей части массив покрыт плотной растительностью, состоящей из мангр, хукаро, картадеры и др. На поверхности часто встречаются озера. Берега про-



Строительство канала на торфяном месторождении Сьенага-де-Сапата



Разведка торфяных залежей на вездеходе-амфибия

текаемых по болоту рек окружены сплошными, переплетенными между собой зарослями.

Из-за сильной переувлажненности верхних слоев торфа образуются топи. Пере-

и расширит собственную топливно-энергетическую базу.

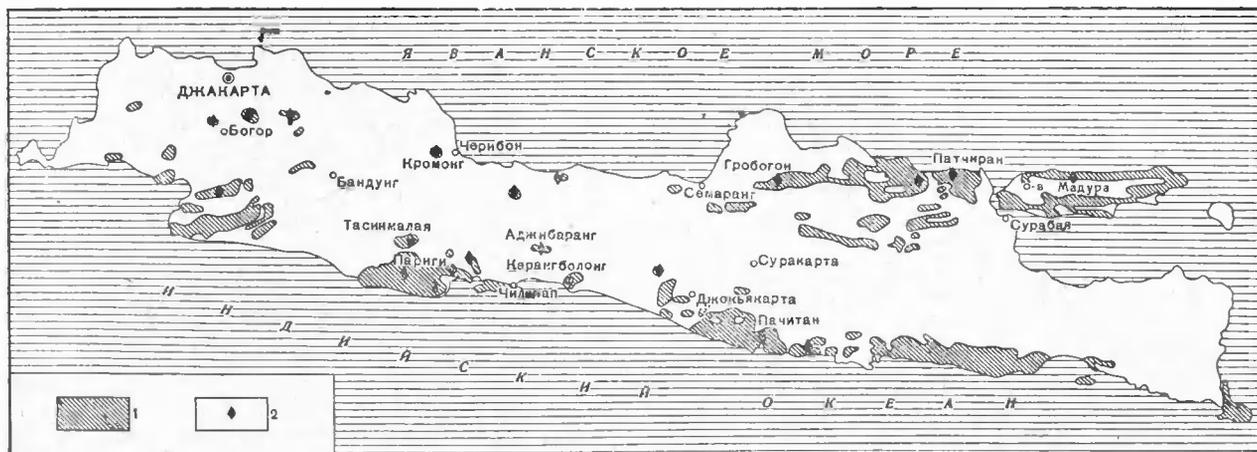
*А. С. Оленин,  
И. В. Седов  
Москва*

## ПЕЩЕРНЫЕ ФОСФОРИТЫ ОСТРОВА ЯВА

Большинство крупнейших фосфоритных месторождений мира, в том числе и на территории Советского Союза, — морского происхождения. Фосфориты континентального происхождения встречаются значительно реже, но при определенных условиях приобретают большое практическое значение. Пещерные фосфориты известны в Австрии, Южной Франции и особенно широко распространены в Индонезии, на Яве.

Горные массивы вдоль южного и северного побережий острова сложены в основном чистыми неогеновыми известняками и лишь в северо-восточной части — доломитизированными. В известняках, особенно в крайних частях массивов, много карстовых пещер (длиной до 500 м и более) со сталактитами и сталагмитами, на дне которых и образовались месторождения фосфоритов. Мощность залежей сильно колеблется и достигает максимум 8—10 м.

В строении залежей фосфоритов наблюдается определенная зональность. В нижней части они образованы кальциевыми фосфатами, которые залегают на неровной поверхности известняков. Выше кальциевых фосфатов располагаются линзы и пластообразные тела алюмо-фосфатов и реже — железо-фосфатов, которые часто бывают перекрыты слабо фосфатизированной, иногда песчанистой коричневатой глиной, покрывающей дно пещеры. Между этими разновидностями фосфатных пород резкой границы нет. Различаются они по внешнему виду и химическому составу. Кальциевые фосфаты серого или буроватого цвета, то плотные, то рыхлые, с аморфной структурой. В них содержится:  $P_2O_5$  12—26%;  $Al_2O_3$  2,5—5%;  $Fe_2O_3$  1—4%;  $CaO$  25—35%. Алюмофосфаты, как правило, рыхлые, грязно-серого и бурого цвета, с большой примесью глинистого вещества ( $P_2O_5$  от 16 до 25%;



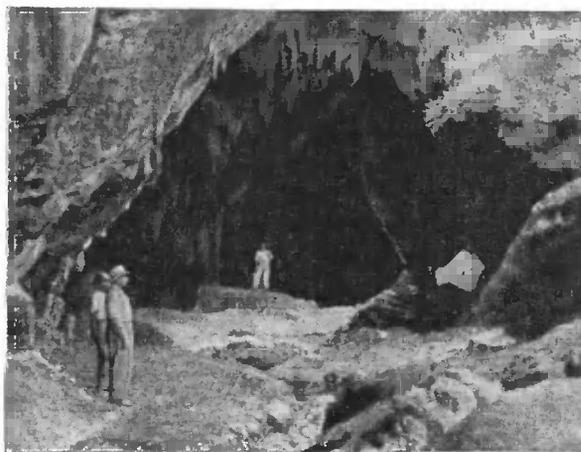
Фосфоритные месторождения острова Ява: 1 — распространение неогеновых известняков; 2 — месторождения фосфоритов

$Al_2O_3$  8—11%,  $Fe_2O_3$  0,5—5%;  $CaO$  20—30%). Для индонезийских фосфатов характерно отсутствие фтора.

Посмотрим, как же шел процесс образования залежей. Известняковые горные массивы с фосфатоносными пещерами постепенно разрушались, кровли пещер обрушивались и фосфатные залежи на дне их покрывались глыбами и щебнем<sup>1</sup>. Позднее лежащие сверху породы размывались и фосфаты обнажались на поверхности. Поэтому на Яве выделяются три основных типа залежей: пещерные, погребенные и поверхностные. Наиболее распространены пещерные фосфориты. Они известны на северном побережье (Кромонг, Кайен-Гробогон, Тубан-Боджонегоро и др.) и особенно многочисленны на юге острова (Пангандаран-Париги, Аджибаранг, Карангболонг и др.). Образованы они фосфатами всех трех разновидностей и доступны для разработки. Образование их тесно связано с жизнедеятельностью летучих мышей (а может быть, и ночных птиц), пасящихся пещеры. Экскременты и моча, содержащие фосфорные соединения, накапливались на дне пещер и вступали в химическое взаимодействие с известняками и карбонатно-глинистыми породами. От действия фосфор-

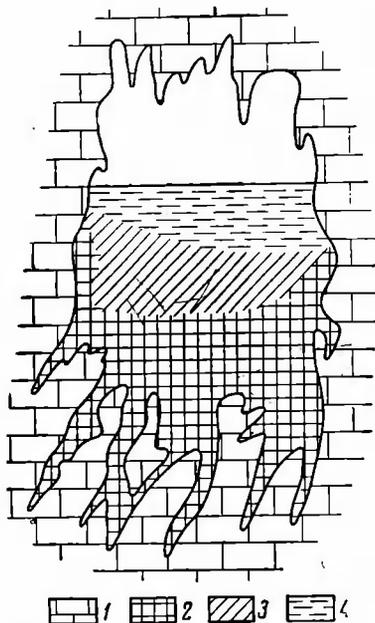
содержащих растворов на известняки образовывались кальциевые фосфаты, метасоматически<sup>1</sup> замещавшие известняки. В глинистых накоплениях, богатых алюминием, образовывались алюмо-фосфаты, а при содержании железа — и железо-фосфаты. Наиболее интенсивно протекали процессы формирования кальциевых фосфатов. В некоторых местах среди них встречаются остатки

<sup>1</sup> Метасоматоз — процесс замещения одних горных пород другими с изменением химического состава при взаимодействии горной породы с расплавом, газовой фазой или растворами.



Пещера в неогеновых известняках на острове Ява

<sup>1</sup> Интересно, что в горах нередко наблюдаются четко выраженные в рельефе цепи провальных зон, в которых подвешенными выработками местами вскрыты залежи фосфоритов.



Схематический разрез залежи пещерных фосфоритов острова Ява: 1 — известняк, 2 — кальциевый фосфат; 3 — алюмофосфат; 4 — слабофосфатизированная глина

морских раковин, полностью фосфатизированных. Фосфорсодержащие растворы, проникая в трещины, образовывали карманы и прожилки, наблюдаемые в нижних и краевых частях залежи кальциевых фосфатов. В некоторых пещерах, населенных летучими мышами, образование фосфатов происходит и в настоящее время.

Среди большого числа пещер примерно только 25% из них — фосфатоносные. Последние чаще всего находятся в краевых частях известняковых массивов — по соседству с обширными болотами, изобилующими насекомыми, служившими пищей летучим мышам. Но и здесь далеко не каждая пещера благоприятна для обитания летучих мышей, которые выбирают только темные, сухие пещеры, с постоянной, сравнительно высокой температурой. Кроме того, проникающие в пещеры атмосферные и подземные воды



Небольшие отверстия, ведущие в крупные пещеры населенные летучими мышами. Горы Кромонг

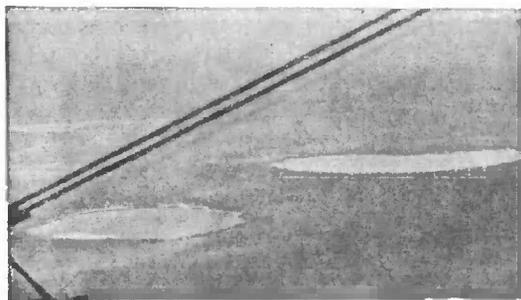
растворяют соединения фосфора и препятствуют накоплению фосфатов.

Один из решающих факторов, обуславливающих интенсивность развития процессов образования пещерных фосфоритов на Яве, — это тропический климат. Однако обнаружены они также в Австрии, Франции и Чехословакии, что указывает на возможность их нахождения и в других климатических условиях, в том числе и в нашей стране. Карстовых пещер в известняковых массивах в пределах СССР очень много; в некоторых из них, особенно в южных районах, образование пещерных фосфоритов также возможно. Но источники фосфора здесь могут быть иные. Поэтому при обследовании пещер необходимо помнить о возможности нахождения в них пещерных фосфоритов.

*О. В. Нарчешвили*  
Тбилиси

*А. С. Соколов*  
Москва

## ПРИЧУДЫ МАЛОГО ЛУЖЬЯРА



Более десяти лет я летаю над просторами нашей Родины. Много интересного видишь с борта самолета. В Марийской АССР, например, есть два небольших пресных озера — Большой и Малый Лужьяр. Расположены они друг от друга на расстоянии 2—3 км. Озера одинаковой глубины, но при первых морозах замерзает Большой Лужьяр, в то время как Малый остается совершенно чистым ото льда (см. рис.)

*И. Н. Ковлер*  
Йошкар-Ола

# НА ЗАРЕ НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИИ И США

ПЕРВЫЕ ПРЕЗИДЕНТЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК США  
И ИХ СВЯЗИ С РУССКИМИ УЧЕНЫМИ

Первого президента Национальной Академии наук в США Александра Бейча (Bache Alexander, 1806—1867) избрали членом-корреспондентом Петербургской Академии наук еще до того, как в его стране была организована академия.

Своими научными исследованиями, вызывавшими восхищение далеко за пределами Америки, А. Бейч напоминает его великого прадеда В. Франклина. В течение многих лет, до самой смерти А. Бейч занимал пост помощника начальника береговой съемки США. Проведенные работы обратили на себя внимание магнитологов, геодезистов, метеорологов, географов, астрономов.

В записке академиков О. В. Струве, В. Я. Буныковского и П. Л. Чебышева, которые представили в 1861 г. кандидатуру А. Бейча в члены-корреспонденты нашей Академии, мы находим такие строки о значении его научной деятельности: «Многочисленные и тщательные наблюдения, произведенные г. Бейчем по всему протяжению побережья Соединенных Штатов, оказались особенно ценными для метеорологии, земного магнетизма и физической географии моря. При этом он стремился усовершенствовать методы наблюдений всюду, где только к тому представлялся случай. Так, например, в операции г. Бейча был впервые введен метод определения долготы посредством телеграфных сигналов; также и гальваническая регистрация астрономических данных в значительной мере была введена именно им. В отношении же громадной пользы и тщательного выполнения морских карт, которыми мы обязаны г. Бейчу, моряки всех стран могут выразить только еди-

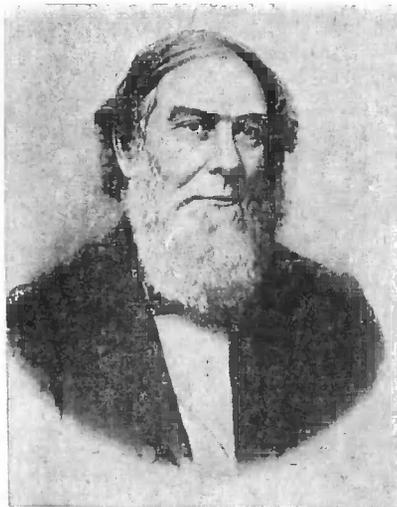
нодушное восхищение». В этой же записке, характеризуя А. Бейча, русские академики подчеркивают: «Приходится удивляться не только его энергии и административному таланту; в равной мере заслуживает нашей похвалы научный дух, с которым он вел эти работы, и их большая точность. Действительно все было организовано так, чтобы наука могла извлечь из этих работ наибольшую пользу»<sup>1</sup>.

Избрание в Петербургскую Академию наук американский ученый рассматривал не только как факт признания заслуг отечественной науки со стороны одной из старейших Академий мира, он полагал, что этот факт выходит за рамки чисто научных отношений. В письме, адресованном непременно секретарю Академии, Бейч выражает признательность «благородной стране, всегда связанной дружескими узами с Соединенными Штатами»<sup>2</sup>. Эти связи в области науки значительно расширились и углубились с развертыванием деятельности возглавлявшейся А. Бейчем Национальной Академии наук США. Их история тесно связана с именем его преемника на посту президента Национальной Академии. Им был Дж. Генри (Joseph Henry, 1797—1878), «американский Фарадей», как его называют за открытие, независимо от английского ученого, явления электромагнитной индукции.

Вклад Дж. Генри в учение об электричестве и в практическое его применение увековечен названием его именем единицы из-

<sup>1</sup> Архив АН СССР, ф. 2, оп. 17, № 6, л. 143.

<sup>2</sup> Архив АН СССР, ф. 1, оп. 1а — 1861, № 57, л. 37.



Первый президент Национальной Академии наук США  
Александр Бейч



Второй президент Национальной Академии наук США  
Дж. Генри

мерения индуктивности и взаимной индуктивности. Многие его работы относятся к другим областям физики. Немало трудов Генри посвятил и метеорологии, занимавшей видное место в деятельности руководимого им Смитсоновского института.

Материалы из эпистолярного наследия Генри хранятся и в Архиве АН СССР в фондах академиков А. Я. Купфера<sup>1</sup> и Ф. Ф. Брандта<sup>2</sup>. Письмо к Купферу свидетельствует, что ученые Америки были весьма заинтересованы в регулярном обмене научными материалами с Россией и чутко прислушивались к мнениям петербургских академиков о новых научных начинаниях.

Характерным документом интенсивного научного обмена между Россией и США является и письмо Генри русскому академику Брандту. «Смитсоновский институт,— писал Генри 23 января 1867 г.,— пересматривает свои коллекции по этнологии и археологии, имея в виду выставлять их для общего обозрения, а также соответствующим образом распределить дубликаты экспонатов по различным музеям Америки и Европы. Институт обладает большим количеством предметов по указанным отраслям науки с многих островов Полинезии, от эскимосских и индейских племен арктической Аме-

рики и из Соединенных Штатов вообще. Цель моего настоящего письма — получить от Вас совет: какому музею в России лучше всего передать набор коллекций, который мы желали бы послать в Вашу страну, иными словами, какой музей помимо всего обеспечен другими экспонатами, кроме тех, которые мы предполагает распределить, и может представить в обмен Смитсоновскому институту предметы подобного же характера. Мы желали бы получить хорошие общие коллекции таких же предметов из Российской империи, в особенности тех, которые говорят о жизни

и характере отсталых племен далекого Севера, для сравнения с американскими радами, обитающими в области Полярного круга, а также реликвии каменного, железного и бронзового веков первобытных жителей вашей империи вообще. Нам хотелось бы также иметь несколько видов русских млекопитающих, как шкуры, так и черепа (если возможно, то и скелеты), для целей более точного сравнения с американскими формами, и мы просим Вашего содействия в получении их. У нас есть полные серии дубликатов для видов, живущих в Соединенных Штатах и Британской Америке (Канаде.— *M. P.*), и мы с удовольствием произвели бы более чем эквивалентный обмен. Наиболее нужные нам виды перечислены в прилагаемом перечне»<sup>1</sup>.

Академия охотно откликнулась на это обращение и послала Смитсоновскому институту, как сказано в следующем письме Генри, «ценную коллекцию предметов естественной истории, принесенную в дар». Из этого письма видно, что посланную коллекцию и в Америке ждали с большим интересом, так как «список содержал несколько видов весьма важных для изучения американской фауны»<sup>2</sup>.

*М. И. Радовский*  
Ленинград

<sup>1</sup> Купфер Адольф Яковлевич (1799—1865), физик и минералог; в Академию избран в 1828 г.

<sup>2</sup> Брандт Федор Федорович (1802—1879), зоолог; в Академию избран в 1833 г.

<sup>1</sup> Архив АН СССР, ф. 51, оп. 2, № 27, л. 1.

<sup>2</sup> Архив АН СССР, ф. 51, оп. 2, № 27, л. 2.

## КАРАДАГ

### ИСКОПАЕМЫЙ ВУЛКАН В ГОРНОМ КРЫМУ

В горах Восточного Крыма, между Феодосией и Судаком, там, где скалистые гребни хребтов спускаются к тихим, голубым бухтам, фантастическим нагромождением каменных круч, зубцов, колонн и глубоких ущелий встают руины Карадага.

Крымские горы молоды. Их поднятие происходило в неогене и в четвертичное время и не сопровождалось вулканическими явлениями. Однако молодые поднятия и последовавшая за ними эрозия снова вывели на дневную поверхность древние горные породы. Среди этих свидетелей давно минувшей геологической истории Крыма был приподнят и массив Карадаг — уникальный памятник вулканизма среднеюрского времени, захороненный в слоях более молодых эпох.

Карадаг сформировался примерно 155—170 млн. лет тому назад как подводный вулкан. В течение некоторого времени, он, по-видимому, представлял собой вулканический остров в юрском море. Затем он был перекрыт известняками, песчаниками и глинами верхнеюрского возраста. Поднятый в результате альпийской фазы складчатости и разорванный бесчисленными разломами он напоминает Кракатау<sup>1</sup>.

В наше время непосредственному наблюдению доступна лишь часть вулканического массива Карадаг. Другая его часть погребена в глубинах Черного моря. Трещина огромного сброса, расколовшего Карадаг, обнажила его внутреннее строение. В обрывах Берегового хребта, как в гигантском анатомическом разрезе, видны недра вулканического аппарата: центральное жерло, заполненное застывшей лавой, сопряженные с ним кольцевые дайки, поднимающиеся наподобие исполинских крепостных стен, бесчисленные слои лав, туфобрекчий и туфов, минеральные жилы.

Карадаг необычайно живописен (рис. 1). Многие ценители природы считают его красивейшим уголком Горного Крыма. Однако эта красота особенная,

не типичная для Южного берега. На Карадаге все дико, хаотично, сурово, труднодоступно. Черные многосотметровые обрывы, сложенные вулканическими породами, нависают над бирюзовыми бухтами, в которые можно проникнуть лишь с моря. Стены глубоких, похожих на трещины, ущелий гигантскими ступенями поднимаются к небу. Причудливые фигуры изваяны ветрами в мощных слоях

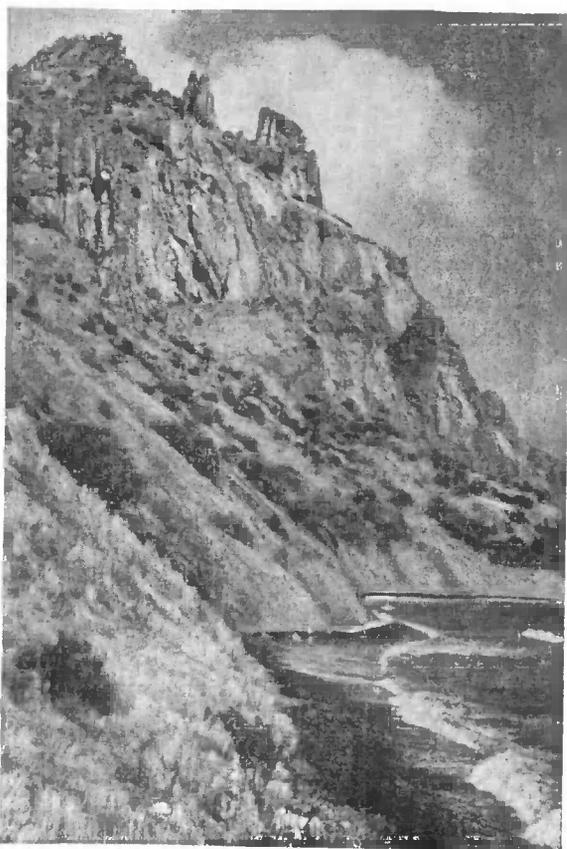


Рис. 1. Островерхий вулканический хребет. Вид с Карадагской биологической станции Академии наук Украинской ССР

<sup>1</sup> Кракатау — вулканический остров в проливе между Суматрой и Явой, половина которого была уничтожена градионным вулканическим взрывом в 1883 г. Столбисто Кракатау в Карадага заключается лишь в подобии структур. Сами же эти структуры возникли разными путями.

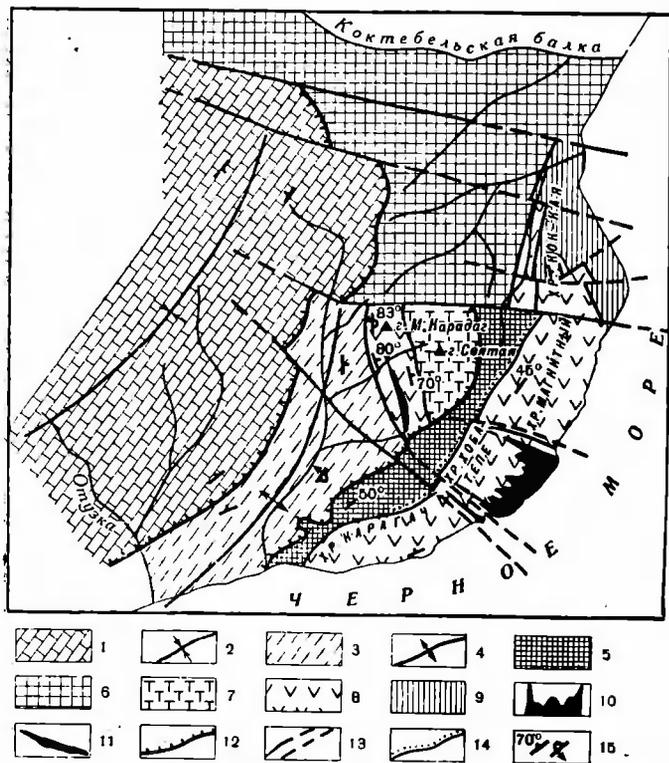


Рис. 2. Тектоническая схема массива Карадаг. Леженерская синклинали: 1 — известняки, конгломераты и песчаники верхнего оксфорда, флишвидные образования нижне- или среднеюрского возраста; 2 — осевая линия Леженерской синклинали. Усть-Отузская антиклиналь: 3 — флишвидные образования раннего байосса и более древние отложения; 4 — осевая линия Усть-Отузской антиклинали. Карадагская синклинали: 5 — глины и аргиллиты с прослоями песчаников и оолитовых мергелей бату и келловею; 6 — песчано-глинистые отложения Коктебелского амфитеатра, условно относимые к бату и келловею; 7 — трассы и оксикератофиры Святой горы; 8 — вулканогенная толща Берегового хребта и Малого Карадага (туфы, туфобрекчии, спилиты, кератофиры, порфириты и т. д.); 9 — песчано-глинистые байосские отложения, подстилающие вулканогенную толщу; 10 — кератофировый массив Хоба-Тепе; 11 — наиболее крупные дайки кератофиров. Структурные обозначения: 12 — надвиги; 13 — сбросы и сдвиги (прослеженные; и предполагаемые); 14 — стратиграфические несогласия; 15 — элементы залегания

туфобрекчий и туфов. Среди них есть Шайтан и Маяк, Приничный Конь и Сокол, Королева, Король и даже Трон, повисший над бездной. А с небольшой площадки, приютившейся на самой вершине Хоба-Тепе и называемой Ложем, открывается незабываемый вид на скалы, пики и ущелья Карадага, на амфитеатр окрестных гор и бескрайнюю синь морских просторов.

Интересны геологическое строение и история Карадага. Через Карадаг ведут многие туристские маршруты по Горному Крыму. Туристы восторгаются чудесными видами, ищут сердолики и яшмы в глубоких расщелинах, тренируются в альпинизме.

А геологи стараются разгадать загадки умершего вулкана. История изучения Карадага насчитывает уже свыше 70 лет, однако далеко не все ясно в строении ископаемого вулкана и в его продолжительной бурной истории.

Исследования, проводившиеся в течение последних четырех лет, позволили расшифровать многие особенности строения ископаемого Карадагского вулкана, установить зависимость между составом вулканических пород и характером извержений, наконец, доказать общность происхождения таких, казалось бы, различных пород как андезиты и кератофиры, базальты и спилиты<sup>1</sup>. Таким образом удалось подойти к выяснению происхождения карадагской вулканической толщи.

Разнообразие вулканических пород и их залегание в условиях превосходной обнаженности и эффектного ландшафта создают на Карадаге прекрасный «опытный полигон» для изучения важных проблем древнего вулканизма. С этой точки зрения весь район следовало бы превратить в петрологический и минералогический заповедник. Карадаг — это сложно расчлененный скалистый массив, имеющий в плане форму сектора (рис. 2). Его основные элементы — дугообразный Береговой хребет, вытянутый в северо-восточном направлении вдоль морского побережья, и куполообразный массив Святой горы<sup>2</sup>, отделенный от Берегового хребта седловиной Южного перевала и депрессией Тумановой балки (рис. 3)

Береговой хребет симметричен, он состоит из двух фланговых цепей (хребет Карагач на юго-западе и хребет Магнитный с горой Кок-Кая на северо-востоке) и расположенного между ними более короткого, но и более высокого скалистого массива Хоба-Тепе. Обе фланговые цепи сложены переслаивающимися пирокластами и лавами. По мере отдаления в обе стороны от Хоба-Тепе мощность вулканической толщи в Береговом хребте уменьшается.

Массив Хоба-Тепе внизу у моря сложен кератофирами, а наверху — мощной лавово-пирокластичес-

<sup>1</sup> Андезиты и кератофиры — лавы с умеренным содержанием кремнезема, отличаются степенью сохранности; первые — «свежие», вторые — сильно измененные. Базальты и спилиты — лавы с низким содержанием кремнезема.

<sup>2</sup> Святая гора поднимается на 574 м над р. м. Название этой горе дано в старину, когда на ее вершине жил отшельник.

кой толщей, сходной с породами, слагающими обе фланговые цепи. При выветривании туфов возникают фантастической формы каменные группы (рис. 4). Лавово-пирокластическая толща, венчающая Хоба-Тепе, пронизана вертикальными и падающими круто дайками кератофиров и порфиритов. Они отпрепарированы в виде гигантских стен, украшенных высокими вертикальными столбами и башнями (рис. 5).

В рельефе Карадага обращает на себя внимание ступенчатость его склонов, связанная не только с различиями в составе пород, но и с обилием разрывов. Ступенчатость склонов приурочена к двум основным направлениям: северо-восточного и северо-западного простирания. Береговой хребт разбит на блоки и как бы обрезан на юго-западе и северо-востоке. К этим же разрывам приурочено большинство расщелин его даек.

Возраст вулканических проявлений Карадага продолжает вызывать споры. Большинство исследователей полагает, что вулканическая деятельность на Карадаге протекала в среднеюрское время. Однако собранные материалы скорее свидетельствуют, что она была короче, началась и завершилась в верхнебайосское время<sup>1</sup>. Детальное изучение отдельных лавовых покровов Карадага показало, что вулканические породы «палеотипного» (т. е. значительно измененные) и «кайнотипного» (т. е. свежие, неизмененные) облика залегают внутри геологически единой толщи и, следовательно, одновозрастны. Это особенно отчетливо видно в хребте Карагач, где потоки андезитов переслаиваются

с потоками спилитов и порфиритов и с пластами туфов и туфобрекчий, андезитов, кератофиров и порфиритов.

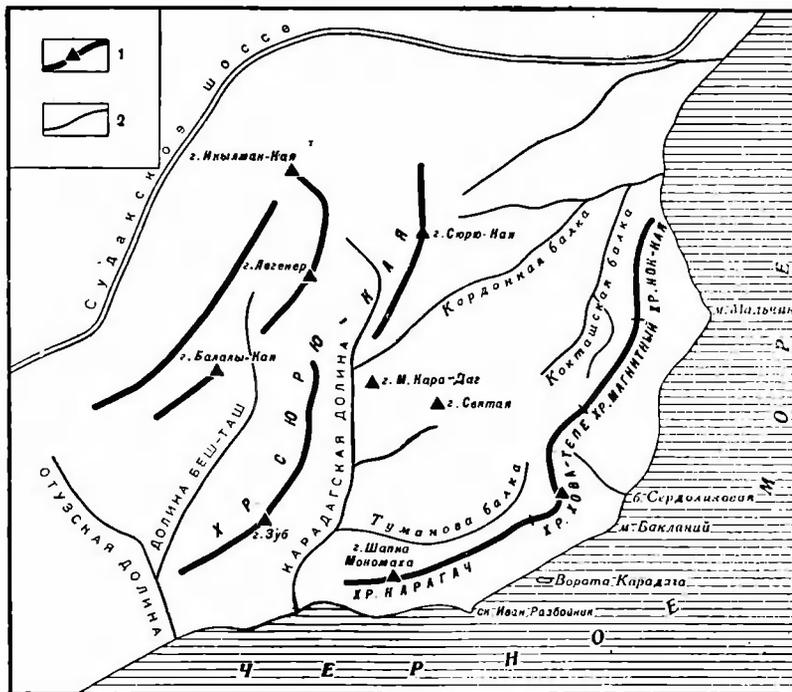


Рис. 3. Орографическая схема района Карадага. 1 — линия хребтов с вершинами; 2 — долины ручьев и балок

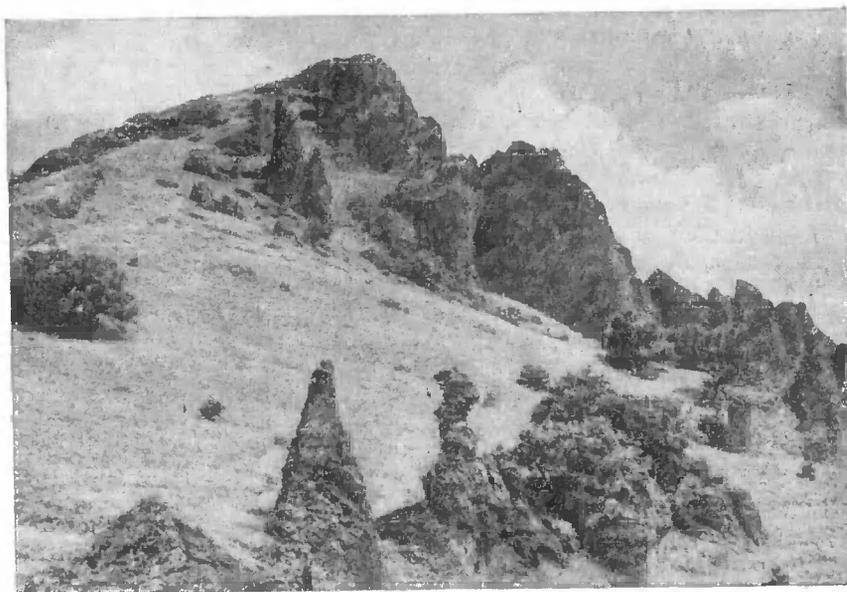


Рис. 4. Фигуры выветривания в туфах Хоба-Тепе

<sup>1</sup> Среднеюрская эпоха включает три геологических вена в том числе байосский.

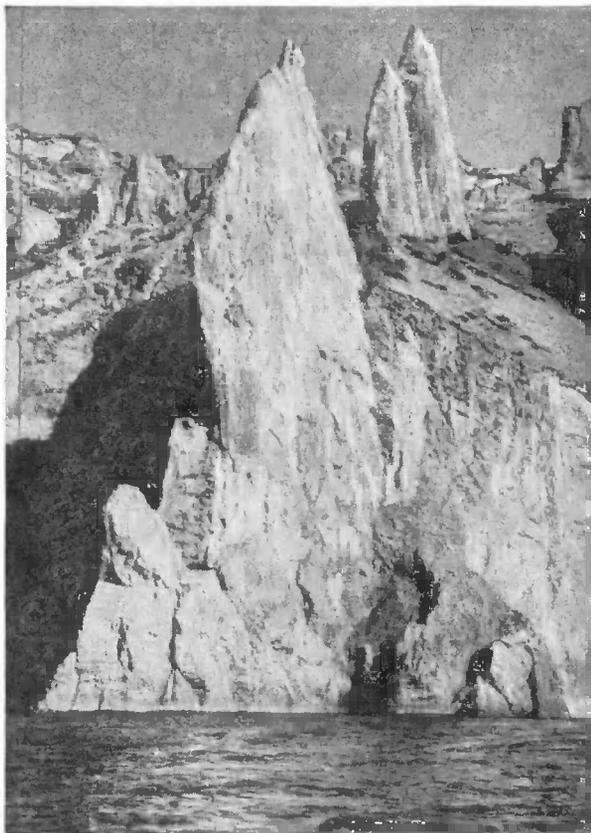


Рис. 5. Дайка Льва, отпрепарированная в виде огромной стены

Где же находился жерловый аппарат Карадага, этого ископаемого слоистого лавово-туфового вулкана? Удивительная симметрия в строении Берегового хребта и симметричное расположение двух пар крупных даек, ограничивающих с северо-востока и юго-запада массив Хоба-Тепе, дает основание предположить, что остатки жерла древнего вулкана следует искать именно в районе Хоба-Тепе.

Строение Хоба-Тепе чрезвычайно интересно. Современный эрозионный срез обнажает в береговых обрывах Хоба-Тепе в несколько скошенном сечении мощную кератофировую пробку<sup>1</sup>, внедрившуюся в толщу грубообломочных пирокластов и лав, но не дошедшую до поверхности (рис. 6). С кератофировой пробкой, по-видимому, были сопряжены две кольцевые дайки, в современном срезе выраженные двумя парами крупных даек и симметрично окаймляющих Хоба-Тепе. В цилиндрическом пространстве, ограниченном кольцевыми дайками, от кера-

<sup>1</sup> Вулканическая пробка представляет собой лаву, застывшую в жерле вулкана. В зависимости от состава лавы они называются кератофировыми и др.

тофировой пробки, наподобие щупальцев, отходили вверх во вмещающую лавово-пирокластическую толщу многочисленные мелкие дайки и трубчатые тела кератофиров. Подобные жерловые аппараты, в виде центральной пробки, сопряженной с кольцевыми и радиальными дайками, известны для ряда современных (Мон-Пеле, вулканы Зондского архипелага) и ископаемых (Шотландия) вулканов. По-видимому, такие аппараты формируются в заключительной стадии жизни вулкана.

Для понимания происхождения пород карадагской вулканической толщи важное значение имеет степень развития в них процессов альбитизации<sup>1</sup>, по-разному проявившейся в различных породах. По-видимому, в верхнебайосское время на месте Карадага находилась одна из интрагеосинклиналей<sup>2</sup>, образовавшихся внутри единого Крымского геосинклинального прогиба. В этом прогибе и начались вулканические извержения, которые развивались довольно интенсивно, главным образом во взрывной форме. Часть вулканогенной толщи формировалась на небольших глубинах или даже на суше. Возможно, что на месте Карадага существовал вулканический остров с несколькими активными жерлами, находившимися как в подводной, так и надводной частях острова.

Изливавшиеся лавы при одном и том же содержании кремнезема имели разное количество летучих компонентов и поэтому в разной степени подвергались изменениям. При отсутствии воздействия летучих компонентов возникали андезиты, базальты и вулканические стекла, при умерен-

<sup>1</sup> Альбитизация — замещение более основного плагиоклава альбитом.

<sup>2</sup> Интрагеосинклиналь — зона прогибания в геосинклинали.

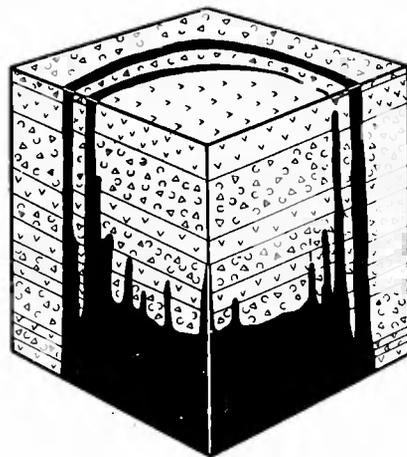
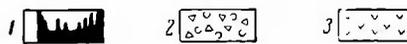


Рис. 6. Схема первичного положения жерлового аппарата Хоба-Тепе (до дислокаций)

1 — кератофировая пробка; 2 — туфобрекция кератофиров; 3 — потоки кератофиров



ном воздействии — порфириды разного состава, при сильном — спилиты и кератофиры. Подводные лавы должны были испытать, очевидно, более сильное преобразование по сравнению с наземными.

Таким образом, в пределах Берегового хребта расположена северо-западная часть слоистого вулканического конуса, расколотого через центральный канал крупным прибрежным сбросом. Она в значительной степени отпрепарирована от перекрывающих ее более молодых осадочных пород. Эта в целом простая структура затушевана складчатыми изгибами и многочисленными разломами различных направлений. По разломам в северо-западной

части конуса наподобие горста<sup>1</sup> был выдвинут крупный блок измененных под воздействием высокотемпературных растворов пород, образовавший массив Святой горы.

Такая сравнительно простая общая схема строения сохранившегося в ископаемом состоянии до наших дней вулкана среднеюрского времени вполне согласуется с геологическими данными, собранными различными исследователями Карадага.

*В. И. Лебединский*  
*Симферополь*  
*А. И. Шалимов*  
*Ленинград*

<sup>1</sup> Горст — приподнятый участок земной коры, ограниченный сбросами.

## ПОРАЖЕНИЕ ДЕРЕВЬЕВ МОЛНИЕЙ

Молния — частая причина лесных пожаров. Немалую роль в поражении деревьев молнией играет электропроводность почвы, ствола и корневой системы, неглубокое залегание грунтовых вод, возвышение дерева над местностью.

Для того чтобы нарисовать более ясную картину, какие деревья чаще подвергаются ударам молнии, авторы собрали сведения по 22 лесничествам и лесхозам Белоруссии. В результате оказалось, что свыше 50% поражений падает на сосну, несколько меньше на ель и дуб и совсем немного (6%) на березу, осяну, тополь, ольху и ясень.

Основной вид поражения деревьев молнией — раздробление. Оно имеет общие черты с явлением варыва. Под влиянием высокой температуры древесина на пути разряда молнии быстро превращается в пар и газ, происходит дробление дерева. Сила повреждения зависит от состояния поверхности дерева: после дождя дробление обычно слабее. Кроме того, довольно часто наблюдается срезание молнией вершин, поражение с обугливанием и меньше всего случаев возгорания деревьев; наблюдалось также отщепление коры полосой от вершины до комля. Не всегда можно было установить четкую границу между раздроблением дерева и полосообразным отщеплением коры. Умеренные раздробления можно отнести к рубрике «поражения полосой», и наоборот. Такого рода поражение чаще всего наблюдается у сосны, реже — у ели и дуба. При этом у вершины дерева след молнии обычно имеет вид прерывистых, тонких, неглубоких царапин, шириной до 3 см, у корневой шейки полоса расширяется до 15 при глубине 5—8 см. Иногда прерывистые глубокие царапины с отщеплением коры наблюдаются и в нижней части дерева. У некоторых сосен кора отщепляется винтообразно от вершины до

комля. Специалисты утверждают, что причина этого — неправильное строение древесины, так называемый косослой.

Для ориентировочной оценки электропроводности корневой системы деревьев нами было измерено сопротивление заземления сосен и елей. С этой целью измерительный электрод омметра при помощи металлического острия соединялся с наиболее электропроводным (камбийным) слоем дерева на уровне его корневой шейки. Для устранения влияния посторонних токов второй электрод прибора соединялся проводником с погруженным в землю металлическим стержнем длиной в 90 см на расстоянии 10 м от дерева. У каждого дерева измерения производились по нескольку раз и с разных сторон. Все результаты измерений были устойчивыми и воспроизводимыми. Для измерения были отобраны крупные деревья высотой от 15 до 25 м и диаметром у корневой шейки 50—60 см. Всего обследованию было подвергнуто 70 сосен и 39 елей. Оказалось, что сопротивление заземления у елей несколько меньше, чем у сосен.

Причина преимущественного поражения молнией сосен в лесах Белоруссии состоит в том, что у крупномерных экземпляров этих деревьев крона расположена на значительной высоте, у елей же ветвление кроны начинается вблизи земной поверхности. Так как электрическое сопротивление ствола дерева (независимо от породы) увеличивается с уменьшением его толщины, сосны поражаются чаще елей, поскольку у них медленнее, чем у елей, увеличивается с высотой сопротивление ствола. Но встречаются и такие обстоятельства, когда решающим фактором может оказаться несколько меньшее сопротивление заземления елей.

Интересно отметить, что сопротивление дерева

примерно такое же, как у стены кирпичного дома, и в тысячу раз выше сопротивления заземления стержневого молниеотвода.

С. Н. Успенский<sup>1</sup> в своей обстоятельной работе о лесных пожарах описывает действие стержневых молниеотводов, установленных на деревьях в лесных борах Прииртышья. Такие молниеотводы из меди и алюминия, диаметром до 4 мм и длиной 20 м, возвышаются над кроной дерева почти на 1 м. Один подобногo типа молниеотвод защищает от пораже-

<sup>1</sup> См. «Труды Казахского научно-исследовательского института лесного хозяйства», 1959, т. 2, стр. 243.

ния молнией площадь в  $\sim 1250 \text{ м}^2$ . Вообще для надежной защиты леса требуется не менее 10 молниеотводов на гектар. На практике же в самых благоприятных случаях ставят не более 2—3 молниеотводов на гектар леса. Следует сказать, что молния не всегда бьет в установленные на деревьях молниеотводы и иногда поражает деревья, находящиеся неподалеку от молниеотвода и даже в непосредственном соседстве с ним.

*В. И. Арабаджи,  
С. Г. Ходасевич  
Минск*

## ПЕКТИН

Интерес к химии природных соединений непрерывно возрастает. Эта область знания оказывает большое влияние на развитие многих биологических дисциплин и на решение важных проблем промышленности, сельского хозяйства, здравоохранения и т. д.

К числу таких соединений относятся и пектиновые вещества, представляющие собой высокомолекулярные органические соединения растительного происхождения. Они входят в состав всех культурных и диких растений. Синтез этих соединений до сих пор не осуществлен.

Пектиновые вещества инкрустируют стенки растительных клеток, находятся в составе межклеточного вещества и клеточного сока. Во многих растениях они составляют 50 и более процентов всех сухих веществ.

Широкое распространение пектиновых веществ в природе указывает на их значительную биологическую роль в жизнедеятельности растительных организмов. Значение химии пектиновых веществ велико.

История исследований пектиновых веществ растений начинается с 1824 г., с того времени, когда впервые было выделено из растений студнеобразующее вещество (*pectus* — студень). Однако продолжительное развитие химии этих веществ стало возможно только после установления строения и свойств простейших представителей углеводов и их производных, а затем наиболее сложных — целлюлозы, крахмала и др.

Пектиновые вещества в основном состоят из полигалактуроновых кислот. Карбоксильные группы этих кислот могут быть соединены с ионами кальция, магния, железа, алюминия и других металлов, а также с природными соединениями, например с целлюлозой. При этом образуется нерастворимая в воде форма пектина — протопек-

тин. Он сильно набухает и в таком состоянии проявляет клейкую способность, которая в основном и определяет биологическую роль протопектина в растительных организмах.

Известно также, что под влиянием специфических ферментов протопектин может переходить в пектин (растворимую в воде форму), а пектин, в свою очередь, расщепляется до образования галактуроновой кислоты. Воздействия ферментов на пектиновые вещества используются человеком при мочке лубяных растений, осветлении плодово-ягодных соков, в виноделии, при распаде растительных остатков в почве и др. Часто на практике требуется предотвратить ферментативное расщепление пектина, чтобы обезопасить от порчи плоды, овощи, сахарную свеклу и пр.

Протопектин подвергается гидролизу и переходит в пектин при кипячении с водой или при воздействии водных растворов кислот различной концентрации. Такой способ используется для выделения пищевого пектина из растительного сырья. Свойства пектина, его способность образовывать студни зависят от целого ряда факторов: качества используемого растительного сырья, условий экстракции пектина из этого сырья, молекулярного веса и др.

Классическое сырье для получения пектина — это отходы производства яблочного сока. В сухих выжимках содержится до 10—18% пектина. Во многих зарубежных странах вырабатывается лишь один яблочный пектин. Но это не единственный источник. СССР обладает огромными ресурсами растительного сырья. Корзинки подсолнечника после обмола семян, жом сахарной свеклы, кормовые арбузы могут быть использованы для производства пищевого пектина. Безусловно, в дальнейшем возникнет необходимость в расширении ассортимента растительного сырья для этих целей.

Расчет показывает, что при средней урожайности подсолнечника можно собрать с 1 га около 2 т сухих корзинок (отходы сельского хозяйства), из которых при переработке получают 180—200 кг пектина. Не меньше дает пектина и сахарная свекла. Корзинки подсолнечника и сухой свекловичный жом сохраняются очень хорошо и особых затрат на организацию хранения не требуют.

В настоящее время Всесоюзным научно-исследовательским институтом кондитерской промышленности разработана и внедрена технологическая схема производства пищевого пектина. Из отходов подсолнечника и свеклы пектин экстрагируют слабым раствором соляной кислоты в течение одного часа при 80°. Из экстракта пектин осаждается водным раствором хлористого алюминия, с добавлением аммиака. В дальнейшем технология производства должна совершенствоваться, главным образом для того, чтобы добиться получения наиболее высокомолекулярного пектина.

Пектин находит самое разнообразное использование в народном хозяйстве, в особенности в пищевой промышленности. Как студнеобразователь он применяется в кондитерской промышленности при выработке мармелада и желевых конфет, в консервной промышленности — при изготовлении желе, конфитюров, джемов, а также в качестве загустителя мороженого, эмульгатора при выработке майонезов, соусов и т. п. В производстве многих изделий он не может быть заменен другими студнеобразователями (агаром, агароидом или желатином).

Испытания различных пектинов при одинаковых условиях показали, что пектин корзинок подсолнечника обладает довольно хорошей студнеобразующей способностью, не уступающей пектинам яблок, цитрусовых и других плодов. Несколько понижена эта способность у жома сахарной свеклы. Лучше образует студни пектин кормового арбуза

(специальные сорта в Молдавской ССР). В зарубежных странах пектин используется при приготовлении пищи в домашних условиях.

Таким образом, развитие новой отрасли — пектиновой — увеличит ресурсы не только для кондитерской и консервной промышленности, но и для общественного питания. Кроме того, пектин приобретает актуальное значение и для здравоохранения. Всесоюзным научно-исследовательским институтом кондитерской промышленности совместно с Академией медицинских наук СССР установлено, что пектиновые вещества корзинок подсолнечника и свекловичного жома способствуют выведению из организма человека вредных металлов — свинца, кобальта, стронция, меди и др.

Оказывается, не только пектин, но и пищевые продукты, изготовленные на его основе (мармелад, леденцы и т. п.), могут служить профилактическим средством при возможных отравлениях вредными металлами. Поэтому важно налаживать производство таких продуктов на пектиновой основе и внедрить их в качестве профилактических средств во вредных отраслях промышленности. Пектин используется также во многих непищевых отраслях промышленности: в текстильной, полиграфической, фармацевтической, парфюмерно-косметической и др.

Таким образом, создание пектиновой промышленности имеет важное значение для нашей страны. В семилетнем плане развития народного хозяйства намечено строительство предприятий по производству пищевого пектина из растительного сырья. К концу семилетки будет вырабатываться 1200 т этого продукта в год. Потребность в нем будет непрерывно возрастать. Пектин станет важным продуктом и в домашнем обиходе.

*Профессор Т. К. Гапоненков*

*З. И. Проценко*

*Воронежский сельскохозяйственный институт*

## РАЗВЕДЕНИЕ ЯКОВ

### ЖИВОТНОВОДСТВО В ВЫСОКОГОРНЫХ РАЙОНАХ СТРАНЫ

Одна из основных задач сельского хозяйства сейчас — это в короткий срок обеспечить подъем животноводства, увеличить его продуктивность. Большое значение при этом имеет кормовая база, а в условиях полустойлового содержания скота — наличие пастбищ. Примером может служить Средняя Азия. Как правило, основные животноводческие центры здесь расположены в предгорной оазисной зоне, где много распаханной территории, а пастбищ-

ных угодий недостаточно. Преобладает отгонно-пастбищная система животноводства. Заслуженной известностью пользуются в этих местах высокогорские сырты и долины Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Миллионы голов всех видов скота ежегодно с весны до осени пасутся здесь под открытым небом среди обилия трав и влаги. Однако на зиму приходится перегонять скот назад в предгорье, так как климатические условия высокогорий не позво-



Як прекрасно приспособлен к суровым условиям высокогорья

Фото А. Щеголева

ляют оставлять его там без утепленных помещений и заготовленных кормов. Отличные зимние пастбища остаются неиспользованными. Что касается пастбищ Памирского нагорья, то из-за их значительной высоты (4000 м) они мало пригодны для выпаса даже летом. В обоих случаях недостаточно используются пастбищные угодья. Именно поэтому здесь особенно рентабельно яководство.

Як — чрезвычайно нетребовательное и хорошо приспособленное к суровым условиям высокогорий животное. Он не нуждается ни в утепленных помещениях, ни в заготовках кормов на зиму, а это значительно сокращает материальные затраты, упрощает уход и делает разведение яков экономически весьма выгодным.

Як — крупное животное; средний вес быка и коровы соответственно достигает 500 и 300 кг. Мясо по вкусу несколько не уступает говядине, а жирность молока доходит до 10%. Однако удойность коров невелика — всего лишь 200—250 кг в год, поэтому разведение яков целесообразно только для получения мяса, волоса и кожи.

Кроме того, в суровых условиях высокогорья на высоте свыше 3—4 тыс. м як незаменимый вид транспорта. Покрывая за день значительные расстояния, тяжело навьюченный, он легко преодолевает крутизну горных троп и снежные заносы.

Родина яка — высокогорья Тибета, Гималаев, Куэнь-Луня. Дикие яки сохранились только в Тибете, в то время как домашние распространены сейчас в Западном Китае, Монголии, Афганистане. В нашей стране яков разводят на Памире, Тянь-Шане, Алтае, в Туве, Бурятии, т. е. в горных районах, начиная с высоты 2—2,5 тыс. м и более. Верхней границы распространения яков не существует — они могут жить везде, где только есть подножный корм. По поголовью яков Советский Союз занимает третье место в мире, после Китая и Монголии. Возможность обитания этих животных на больших высотах объясняется их физиологическими особенностями. Строение кожи и подкожной клетчатки предохраняет животных от сильных морозов и про-

зывающих ветров, а форма легких позволяет нормально существовать при недостатке кислорода. Установлено, что условия более умеренного климата, с содержанием кислорода в воздухе близким к нормальному, отрицательно влияют на яков.

Яки не нуждаются в утепленных помещениях даже в период отела. Новорожденный теленок уже в первые часы жизни поднимается на ножки, а через 6 час. способен бегать за матерью. Это, безусловно, говорит о большой жизнеспособности и необычной крепости организма этих животных.

Учитывая неприхотливость яков и их способность хорошо переносить зимовку на скудном подножном корму, можно разделить их на зиму от общего колхозного стада, что позволит создать некоторый резерв как в кормах, так и в помещениях. Полезные свойства яков уже используются в народном хозяйстве. В Таджикистане создан пока единственный в стране специализированный яководческий совхоз «Аличур». К 1958 г. поголовье яков на Восточном Памире достигало 10 000. К этому показателю близка и Киргизия. В мясозаготовках мясо яков там составляет уже 25%, а в отдельных колхозах Киргизии даже 75%. Яководство в колхозах и совхозах доказало свою высокую рентабельность. Себестоимость центнера говядины обходится в три раза дороже мяса яка. Кроме того,

важное значение имеет еще одно свойство яков: благодаря отличной способности лазить по крутизнам, яки, как и козы, пасутся в местах недоступных для других животных. Это способствует более полному использованию пастбищных угодий. Подсчитано, что за счет использования недоступных участков высокогорий Тянь-Шаня можно прокормить до 50 тыс. яков без ущерба для кормовой базы других видов домашних животных, а это может дать дополнительно до 25 тыс. ц мяса.

Полезные свойства яков могут помочь в деле улучшения стада другого крупнорогатого скота. В этом отношении большое значение имеет гибридизация яков с заводскими породами крупного рогатого скота. В результате опытов удалось получать гибриды, обладающие более высокими хозяйственными качествами. Гибриды, выведенные от прямого скрещивания яков с киргизской породой коров, превосходят исходные формы на 60—80 кг в весе, а удоимость повышается в два раза. По степени приспособленности к суровым природным условиям они почти не отличаются от яка. Больших успехов в этом отношении добился коллектив Горноалтай-

ской сельскохозяйственной опытной станции. Полученная здесь группа гибридов (местное название кайлыкки) имеет хорошие продуктивные показатели. Удоимость коров составляет 1970 л при 5% жирности молока. Однако, к сожалению, пока еще стада крупнорогатого скота пополняются гибридами яка слишком медленно.

Опыт разведения яков за рубежом подтверждает важность значения этой отрасли животноводства. Такая развитая животноводческая страна как МНР насчитывает до 30% яков и их гибридов от общего количества крупнорогатого скота и по поголовью занимает второе место в мире. Благодаря хорошей постановке яководства, продукция яков и их гибридов занимает видное место в мясном балансе республики и имеет экспортное значение.

В нашей стране есть все возможности для развития яководства. Достаточно и пастбищ и животноводов, имеющих опыт разведения яков. Нужно лишь смелее внедрять его в животноводство горных районов.

Е. А. Страдомский  
Институт географии АН СССР (Москва)

## «ВЕЧНЫЕ» КУЛЬТУРЫ ИНFUЗОРИЙ

Инфузории находят себе очень широкое применение в качестве объектов при решении самых разнообразных проблем морфологии, физиологии, генетики, экологии и биоценологии. Так, в частности, много исследований роста популяций, межвидовой конкуренции было опубликовано в 30-х годах на страницах «Зоологического журнала» (Г. Ф. Гаузе, В. В. Алпатов, Н. П. Смараглова, О. К. Настюкова и др.). Эти исследования вошли в биологическую литературу и учебники как в СССР, так и за рубежом.

Успешность выполнения этих работ в значительной степени объясняется тем, что в качестве «подопытных животных» были взяты различные виды инфузорий (отчасти и членистоногих). Интенсивность размножения инфузорий (до двух — трех делений в сутки) позволила получать результаты в особенно короткие сроки по сравнению с опытами на многоклеточных животных, которым свойствен гораздо более медленный темп размножения. Если взять пробырку с взвесью бактерий или дрожжей и посадить в нее одну инфузорию, например тупельку (*Paramecium caudatum*), и каждые два-три дня учитывать «плотность населения», т. е. число особей на 1 мм<sup>3</sup>, то рост «населения» пойдет по S-образной кривой, достигнет определенного максимума, а затем начнется отмирание. Через 2—3 недели

при температуре 25°, в связи с исчерпанием пищи, как правило, в культуре не останется ни одной инфузории.

Надо, однако, указать, что немногие особи из популяции все же могут влечить существование до года, перейдя на пониженный уровень обмена веществ, перестав, видимо, принимать пищу и пребывая в состоянии едва заметной подвижности. Всем, занимающимся содержанием инфузорий в культурах для экспериментальных целей, известно, как быстро одни виды инфузорий сменяют другие, как быстро культуры сходят на нет, если их не кормить органическими веществами (бактерии, дрожжи, молоко, сок моркови, бульон и т. д.).

Для некоторых целей автору этих строк оказались нужны чистые, т. е. освобожденные от примеси других инфузорий культуры *Paramecium bursaria* — вида, отличающегося от прочих видов парамеций тем, что в протоплазме его особей включены зеленые живые симбиотические водоросли зоохлореллы. В феврале 1961 г. были получены пышные культуры этой парамеции. Они содержались на лабораторном столе у окна, в чашках Петри и в колбах, заткнутых ватой. Для пополнения испарившейся воды в культуры несколько раз подливалась дистиллированная вода без всякой дополнительной пищи. Культуры держались в течение

12 месяцев. Объясняется это тем, что в культурах, благодаря присутствию в теле парameций хлорофиллоносных водорослей, использующих солнечную энергию, идет непрерывный синтез органического вещества, необходимого для поддержания жизни зоохлорелл и парameций, их использующих. Иными словами, в энергетическом отношении эта жизненная система аналогична той системе живых существ — зеленых растений и животных, их поедающих, которая существует на нашей планете за счет использования зелеными растениями энер-

гии солнечного луча. Такие же «микрокосмы» имеются в виду создавать при будущих межпланетных путешествиях. Большое внимание сейчас уделяется во многих странах разведению хлореллы как новому источнику питания животных, а возможно, и человека. Культуры парameций-бурсарий могут быть использованы в качестве моделей сбалансированных, «вечных» микрокосмов животных и растительных организмов.

*Профессор В. В. Алпатов*  
*Московский государственный университет*  
*им. М. В. Ломоносова*

## ЧТО ИЗВЕСТНО О ПЕРВЫХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ КРЫМА?

По поводу места одомашнивания диких животных существует несколько точек зрения. Одни полагают, что домашние формы животных были выведены в определенных центрах (очагах одомашнивания) и расселились затем путем заимствования различными народами по всем областям земного шара. Такими центрами<sup>1</sup> считают: североафриканский, среднеазиатский, южноазиатский, южноамериканский и центральноамериканский. Другие придерживаются иной точки зрения, считая, что домашние животные могли быть созданы в любых областях, где имелся исходный дикий материал. Наконец, полагают, что имели место и первый и второй пути возникновения домашних форм, в зависимости от условий жизни древнего человека.

Что касается времени появления первых домашних животных, то определенно ответить на этот вопрос почти невозможно. Пока приходится высказывать только предположения.

Изучение костных остатков ряда неолитических стоянок, таких как Швейцарские свайные постройки, Триполье, Анау и др., позволило отметить существование уже сравнительно развитого животноводства в неолитическое время (новокаменный век, IV тысячелетие до н. э.) и энеолитическое время (медный век, III тысячелетие до н. э.).

Разумеется, прошло не одно тысячелетие, прежде чем человек осознал необходимость разведения животных. Поэтому, если в неолите уже существовало животноводство, то, видимо, еще раньше, в мезолите (промежуточное время между древнекаменным и новокаменным веками) или в самом раннем неолите (около 6000 лет до н. э.) происхо-

дило приручение животных и намечались первые попытки их одомашнивания.

Большой интерес в свете рассмотренных выше вопросов представляет коллекция костей из крымской пещеры Таш-Аир I, собранная Д. А. Крайновым в 1935—1940 годах и содержащая около 13,5 тыс. костных остатков. Пещера расположена в юго-западной части Горного Крыма, в 6 км от г. Бахчисарая. Она насчитывает 10 культурных наслоений: нижний слой является переходным от самого верхнего палеолита (конец древнекаменного века — около 13 000 лет до н. э.) к раннему азию (ранняя эпоха мезолита — около 12 000 лет до н. э.). Верхний — датируется настоящим временем.

Изучение костных остатков позволило выделить почти из всех слоев стоянки комплекс домашних и диких животных.

Домашние животные обнаружены в мезолите — свинья; в раннем неолите — корова и свинья; в развитом неолите — корова, свинья, овца, коза, курица (три последних вида представлены в материалах стоянки непогочисленными остатками). В неолитических слоях найдены также остатки лошади и осла, но неизвестно — домашних или диких, так как до сих пор не установлены морфологические отличия в костях диких и домашних лошадей и ослов.

Присутствие в коллекции остатков домашней свиньи уже в мезолитических слоях заставляет предполагать местное одомашнивание дикого кабана, существовавшего в Крыму на протяжении всего палеолита, в мезолитическое время.

Решить вопрос первого появления крупного рогатого скота в Крыму значительно сложнее. Дело в том, что одомашнивание дикого быка могло произойти либо на месте, в Крыму, либо он был

<sup>1</sup> См. С. Н. Боголюбовский. Происхождение и преобразование домашних животных. Изд-во «Советская наука», 1959.

завезен туда уже одомашненным из соседних стран с высокоразвитым животноводством. Первое могло произойти только при наличии в Крыму тура. В коллекции из Таш-Аир I наряду с мелкими костями домашней коровы найдены остатки крупного быка, предположительно отнесенные к туру. Если допустить, что крупный бык — тур, то одомашнивание его в Крыму должно было осуществиться в самом позднем мезолите или раннем неолите, так как именно в горизонтах, отнесенных к раннему неолиту, обнаружены кости мелкой, уже домашней коровы.

Таким образом, вероятнее всего, одомашнивание животных (по крайней мере свиньи) происходило в различных областях с исходными дикими формами. Начало его надо относить к концу мезолита или раннему неолиту. Однако нельзя исключать и факта заимствования домашних животных из стран с высокоразвитым животноводством.

Е. Л. Дмитриева

Палеонтологический институт АН СССР (Москва)

## ВОДОРΟΣЛИ—ПИОНЕРЫ ЛЕСНЫХ ГАРЕЙ

В лесобиологической литературе общепризнано, что первыми поселяются на обнаженных пожарами местах высшие растения: чаще всего это маршанция (*Marchantia polymorpha*), фунария (*Funaria hydrometrica*), *Leptobrium pyriforme*, *Polytrichum strictum* и *poliferum*, кипрей и т. д. Однако в июне 1961 г. (пал прошел осенью 1960 г.) на лесных гарях Архангельской области нами обнаружены представители низших растений — нитчатые зеленые и диатомовые водоросли. На наш взгляд именно они и есть пионеры лесных гарей на влажных почвах.

Пожаром были охвачены формирующиеся смешанные молодняки с избыточным увлажнением. Глубина торфа в понижениях доходила до 40 см. В месте массового скопления водорослей весь этот органический субстрат сгорел полностью. Палу способствовала сухая и теплая погода.

На пониженных местах водоросли образовали сплошные пленки на поверхности воды и густые хлопьевидные скопления во всей ее толще. По мере высыхания воды водоросли покрывали почву слоем до 1 см толщиной. Что же привлекло сюда первых обитателей гарей?

Известно, что после пожаров резко меняются физико-химические свойства почв, их питательный и тепловой режим. Реакция почвы из кислой переходит в щелочную, от 2 до 8 раз увеличивается содержание подвижных форм фосфора, калия, кальция, магния. Повышается температура почвы и ее микробиологическая активность. Все это, особенно повышенное количество минеральных питательных веществ и теплая весна 1961 г., способствовало массовому распространению водорослей.

В чем же заключается значение и роль водорослей на лесных гарях? Связывая минеральные формы питательных веществ, водоросли предохраняют их от неизбежного вымывания из почвы. В последующем, при отмирании, они снова возвращают



Водоросли на лесных гарях

эти вещества в почву. Лабораторные опыты показали, что среди водорослей есть азотфиксирующие микроорганизмы. Все это свидетельствует о значении водорослей и азотфиксирующих бактерий как первых накопителей гумуса на обнаженных почвах гарей; именно они подготавливают благоприятные условия для поселения других растений.

Кроме того, следует отметить, что водоросли, обладая исключительной энергией фотосинтеза, обогащают кислородом воду. Наши опыты показали, что массовое развитие водорослей увеличивает количество кислорода в воде до 12—13 мг на 1 л, в то время как в воде среди мхов расположенного рядом молодняка и в спелом лесу без мхов содержание его не превышает 4,79 и 2,33 мг соответственно. Все это указывает на то, что водоросли положительно влияют на возобновление леса на гарях. Известные факты лучшего возобновления березы на пожарищах во влажных местообитаниях, чем в сухих, — яркое тому доказательство.

А. В. Беретников

Кандидат биологических наук

Институт леса и лесохимии АН СССР (Москва)

## ПРЕМИЯ ИМЕНИ С. В. ЛЕБЕДЕВА

За разработку технического способа получения высококачественного цис-бутадиенового каучука Президиум Академии наук СССР удостоил премии им. С. В. Лебедева чл.-корр. АН СССР Б. А. Долгопоска, кандидатов химических наук В. А. Кроля, Е. Н. Кропачеву, В. И. Аносова и П. А. Виноградова.

В результате интенсивной работы авторами найдены каталитические системы, позволяющие получать полибутадиен с содержанием 90—97 цис-звеньев. Переход к регулярным каучукам, отличающимся особо высокими качествами, — крупнейший этап в химии синтетического каучука со времен его основоположника С. В. Лебедева. Огромна практическая значимость работы — теперь цис-бутадиеновый каучук может полностью заменить натуральный.

## НОВЫЙ РАДИОТЕЛЕСКОП

На радиоастрономической обсерватории в Джордсел-Бэнк строится радиотелескоп, разрешающая способность которого будет больше, чем у знаменитого 75-метрового инструмента этой обсерватории. Параболическое зеркало его значительно меньше и оно не круглое, а овальное с осями в 37,5 и 25,6 м. Инструмент предназначен для работы в трудном диапазоне — от 10 м до 10 см. Для дальнейшего увеличения разрешающей способности новый телескоп будет использоваться совместно с 75-метровым в качестве интерферометра. Управлять его работой будет электронная счетно-решающая машина «Аргус-100».

«Discovery», v. 23, 1962, № 11, p. 67  
(Англия)

## ЖЕРТВЫ МЕДИЦИНСКОГО БИЗНЕСА

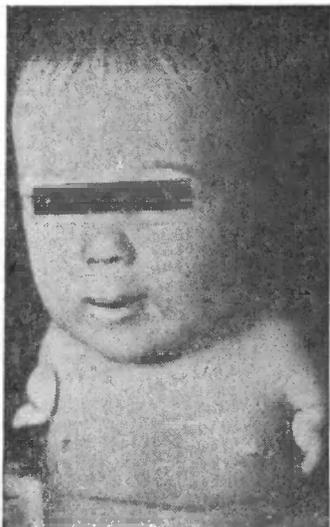
Тысячи уродов — следствие рекламированных средств \*  
Современные компрачикосы \* Западногерманские торговцы ядом

Это произошло 25 мая 1962 г. в 10 часов вечера. Сюзанна Вандепут из Льежа дала своему семидневному ребенку заведомо смертельную дозу сильного снотворного з о ф т е н о н а. При этом ей помогали ее муж, а также мать и сестра. Цель была достигнута: ребенок погиб, но вся семья Вандепут очутилась на скамье подсудимых, а вместе с ней и их домашний врач, который знал з а ч е м он выписывает ребенку злосчастное снадобье. Что же толкнуло мать на такое ужасное дело?

Ребенок Сюзанны Вандепут родился без рук и без ног. Болезнь, которой он был поражен, называется ф о к о м е л и е й; в данном случае она была выражена в наиболее тяжелой своей форме и была вызвана лекарством, содержащим т а л и д о м и д. Что это за вещество? Как и тысячи других будущих матерей в Западной Европе, Канаде, Австралии, Новой Зеландии, Сюзанна во время беременности принимала различные успокаивающие средства и лекарства от гриппа, невралгии, содержащие талидомид. И своего ребенка она умертвила одним из тех же лекарств, какие принимала во время беременности.

Талидомид был синтезирован в 1954 г. в Западной Германии, в лаборатории одной швейцарской фирмы. При проверке на животных успокаивающее действие талидомида не проявилось, и выпуск лекарств был на несколько лет приостановлен. Через некоторое время, однако, его изготовлением занялась фирма Грюненталь (Западная Германия). И снова подтвердилось, что талидомид не производит усыпляющего действия на животных. Талидомид — нерастворимый в воде и жирах продукт конденсации дикетопиперидина с имидогруппой фталимида. Это натолкнуло на мысль, что он все же должен обладать успокаивающим действием, так как в распоряжении фирмы имелись препараты сходной химической структуры, производящие такой эффект. Из этих соображений было решено проверить его против эпилепсии на людях. Ожидания не оправдались, но было получено усыпляющее действие. Лекарство назвали контерганом, и в течение 1960 г. оно получило широкое распространение. Фирма Грюненталь комбинировала его с аспирином и другими лекарствами. В проспектах записали новые названия: «альгоседив», «перакон», «экспекторанс», «грипсекс», «полигриппан». Все эти препараты рекомендовались против простуды, кашля, невралгии, гриппа, даже против астмы, и как средство, показанное для нервных детей и грудных младенцев. В этих случаях выпускались не таблетки, а сиропы. Все это сопровождалось широкой рекламой, утверждающей полную безопасность препаратов.

Выяснилось, что лекарства, содержащие талидомид, снимают у бе-



ременных чувство тошноты. Многие лаборатории в других странах начали выпуск подобных лекарств по лицензиям Грюнентала. Фирма Дистиллерс продавала талидомид под названием «диставаль» в Англии, Австралии, Новой Зеландии. В комбинации с другими лекарствами он назывался «вальгис», «тепсиваль», «вальграин», «асмаваль». В Португалии талидомид продавался как «зофтенон». Канадская фирма Хорнер в Монреале назвала его «талимоль», а канадский филиал фирмы Меррел и К° в Цинциннати — «кевадон». Везде подчеркивалась полная безопасность всех лекарств, и никто не подозревал, к каким ужасным последствиям оно приведет. В сентябре 1960 г. предполагалось начать продажу «кевадона» в США.

Однако в течение нескольких последующих месяцев положение начало меняться. В немецких медицинских журналах появились статьи, в которых сообщались тревожные сведения. Люди, длительное время принимавшие «успокаивающие» таблетки, содержащие талидомид, жаловались на дрожание рук, различные двигательные расстройства, потерю сознания и даже на атрофию большого пальца. К апрелю 1961 г. в Западной Германии число подобных жалоб настолько возросло, что талидомид стали отпускать только по рецептам, что, впрочем, лишь незначительно снизило его употребление.

Но это были еще не самые страшные последствия употребления рекламированного средства. Еще в октябре 1960 г. в Касселе (Западная Германия) на съезде педиатров два врача из Мюнстерского института гепатки человека, В. Козепов и Р. А. Пфайфер, демонстрировали двух деформированных поворожденных детей. У них почти полностью отсутствовали длинные кости верхних конечностей и кисти рук начинались непосредственно от самых плеч. Ноги тоже были деформированы. На лице, от лба через нос на верхнюю губу, у обоих детей шли подкожные кровоизлияния, которые через непродолжительное время рассосались. У одного ребенка было сильное сужение анального отверстия. Деформирование верхних конечностей характерно для фокомелии (от греческого слова «фокос» — тюлень и «мелос» — конечность); это редкая уродливость, обычно поражающая только одну конечность. Одно-

## ОТКРЫТИЕ НОВОЙ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЧАСТИЦЫ

Группа сотрудников Пенсильванского университета: Уолтер Селав, доктор Говард Броди, Васкен Хагопян, Анна Бэкер и Юджин Лебой открыли новую элементарную частицу, получившую название «фи-ноль». Существование ее было предсказано на основе работ советского физикатеоретика И. Я. Померанчука<sup>1</sup>. Американские ученые доктор Чью из Калифорнийского университета совместно с доктором Фрочи из Корнельского университета на основании новой методики, разработанной итальянским физиком Т. Регге, указали на возможность существования частицы — мезона со спином 2.

Новая частица электрически нейтральна. Масса ее эквивалентна 1250 млн. эв, что примерно на 30% больше массы протона. Продолжительность жизни на порядок меньше, чем у наименее долгоживущей из известных до сих пор, и равна  $10^{-23}$  сек. Распадается она на два  $\pi$ -мезона.

<sup>1</sup> См. «Журнал экспериментально-теоретической физики», т. 34, 1958, вып. 3, т. 42; 1962, вып. 5, т. 42; 1962, вып. 6.

Работа велась на Брукхейвенском ускорителе. Было получено 25 тыс. фотографий, из которых несколько несут следы существования новой частицы.

«Physical Review Letters», v. 9, 1962, p. 272 (США)

## ИНФРАЗВУКО- ГРАФИЯ

Шотландский ученый Дональд, профессор университета в Глазго, вместе с сотрудниками еще в 1961 г. обнаружил, что инфразвуки с разной скоростью проходят сквозь различные ткани тела и по-разному отражаются от них. Тогда же он использовал это свойство для получения «звуковых фотографий» плода, находящегося в теле матери. В отличие от рентгеновых лучей и ультразвуков, низкочастотные колебания совершенно безвредны для организма.

Способ основан на принципе ультразвуковой локации. Звуковые волны низкой частоты, созданные пьезокварцевым генератором, отражаются от тканей, костей, инородных тел и воспринимаются приемным устройством, превращающим далее звуковые сигналы в световые. Теперь аппаратура усовершенствована и дает возможность «видеть» такие объекты, как нервные волокна и проглоченные иголки.

«Atomes», v. 17, 1962, № 191, p. 265 (Франция)

## ПЕРЕСЕЛЕНИЕ КАМБАЛЫ

Размеры и вес одной из важнейших промысловых рыб — камбалы, как установил еще в 1900 г. немецкий ихтиолог Гейнке, подчиняются своеобразному закону: рост и возраст камбалы обратно пропорциональны плотности рыбы на мелководном участке ее обитания и прямо пропорциональны расстоянию от берега. Однако камбала предпочитает прибрежные мелководья с рыхлым грунтом, обильно заселенным моллюсками. В настоящее время разработан проект массового переселения молоди рыбы в открытое море на мелководную Доггер-Банку, на акватории которой вполне возможен ее рост.

«Science et nature», 1962, № 52, p. 7—11 (Франция)

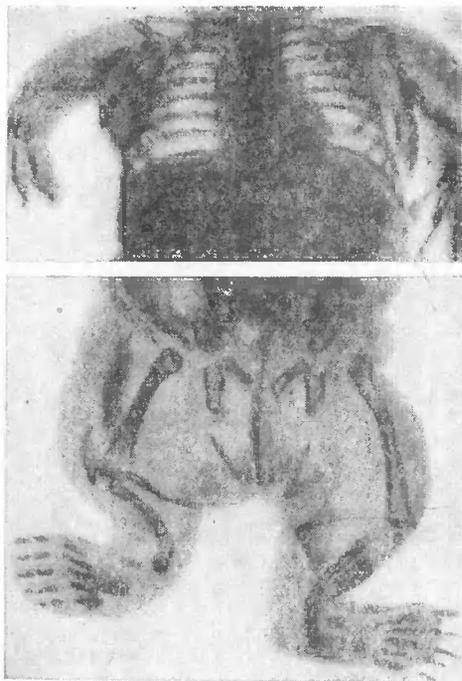
временное же развитие всех признаков заставляло врачей предположить, что они имеют дело с какой-то новой болезнью. На самом же деле это была классическая фокомелия в тяжелой форме, вызванная неизвестным пока агентом. Сообщение врачей прошло тогда незамеченным и не вызвало особой тревоги.

Но в течение 1960 г. во все клиники стали поступать такие же деформированные дети (в Мюнстере — 27, в Гамбурге — 30, в Бонне — 19). Число случаев фокомелии быстро возрастало, в клиники поступали уже сотни детей!

В апреле 1961 г. доктор В. Ленц из Гамбурга начал подозревать, что в случаях фокомелии каким-то образом повинен талидомид и его препараты. Он разослал подробные анкеты родителям детей, пораженных этой болезнью, а также врачам, наблюдавшим матерей в период беременности. Из анкет выяснилось, что более 20% матерей принимало контерган. Анкеты укрепили подозрения Ленца и к началу ноября 1962 г. он был уже почти уверен в своих выводах. Тогда же он провел непосредственный опрос и выяснил, что 50% матерей младенцев, больных фокомелией, принимало во время беременности контерган. 15 ноября Ленц предупредил фирму Грюненталь о своих заключениях и потребовал прекратить продажу вредоносного средства. 20 ноября Ленц сделал доклад на конгрессе педиатров в Дюссельдорфе, где заявил, что в качестве причины фокомелии подозревает определенное лекарство, а именно — контерган. 26 ноября фирма Грюненталь изъяла из продажи контерган и все другие лекарства, содержащие талидомид. Еще через два дня министр здравоохранения Западной Германии объявил, что в вспышках фокомелии виноват, по-видимому, контерган.

К концу 1961 г. накопилось много данных, полученных из самых различных точек земного шара и свидетельствующих о том, что причиной уродств и заболеваний новорожденных был именно талидомид и его производные.

Механизм действия талидомида на развивающийся зародыш пока еще неизвестен. Мало известно и об участии его в обменных процессах, как долго он остается в организме и каким образом из него выводится. Ясно лишь то, что он действует на м е з е н х и м у. Эта ткань представляет собой совокупность изолированных или связанных отростками клеток, расположенных в целомической полости тела, между зародышевыми листками; она служит единственным источником развития всех видов соединительной ткани, включая хрящи и кости, а также



Рентгеновский снимок ребенка, пораженного фокомелией

гладких мышц, сосудистой системы, внутренностей, крови и эндотелия. Как известно, на ранних стадиях развития зародыша мезенхима скопится вокруг хорды и нервной трубки. Из этих скоплений и возникает в основном хрящевой и костный скелет и его связочный аппарат. Именно на этой стадии — в самом начале дифференциации мезенхимы и закладки конечностей — и проявляется губительное действие талидомида.

Это один путь. Известный советский эмбриолог проф. В. В. Попов указывает другой путь: попадая в организм, талидомид приводит к нарушениям в обмене, которые вызывают образование токсических для нормально метаболизирующего организма соединений, а те, в свою очередь, пропикая через плацентарный барьер, окружающий зародыш, вызывают различные формы фокомелии.

Возможно также, что талидомид, с его довольно сложной молекулой, не проникает через плаценту, а удаётся это лишь его производным или продуктам его разложения в организме, которые и дают токсический эффект. Пока трудно определить пути его действия, но уже ясно, что оно происходит в наиболее чувствительный период и именно в тех звеньях, без которых невозможно формирование костного и хрящевое скелета.

Интересно, что между количеством лекарства и степенью деформации плода как будто бы нет связи. Например, доза в 100 мг может вызвать тяжелую форму фокомелии, а может привести и к незначительным изменениям. Причина тут, видимо, лежит в индивидуальной восприимчивости плода и в периоде его развития.

Действие талидомида тесно и непосредственно связано с его химической структурой. Например, другое успокаивающее средство, молекула которого сходна с молекулой талидомида, *до р и ден*, широко применялось в 1955 г. в Швейцарии, и никаких вредных последствий оно не вызвало.

Одна из трудностей изучения механизмов действия талидомида та, что он по-разному участвует в метаболизме (обмене веществ) человека и высших животных.

За последние два года внимание мировой общественности было вторично приковано к одной из отраслей биологии — эмбриологии. В 1961 г. огромный интерес во всем мире вызвали работы итальянского профессора Даниэле Петруччи, вырастившего в искусственных условиях двухмесячный человеческий эмбрион. Сейчас эпидемия фокомелии показала ученым и врачам всего мира необходимость тщательного изучения всех, особенно первых этапов развития человеческого организма. Эти два факта находятся в непосредственной связи. В своих выступлениях в СССР и в своих работах Петруччи, между прочим, неоднократно отмечал, что, применяя его методику, можно с большой наглядностью и достоверностью выявить действие различных агентов (например, спирта, никотина) на ранние, важнейшие этапы развития человеческого зародыша. Но Петруччи еще не мог тогда предвидеть тех страшных последствий, которые повлечет за собой применение талидомида.

В одной только Западной Германии уже зарегистрировано около 6000 случаев уродств в результате фокомелии. Что это значит? 6000 исковерканных жизней, 6000 несчастных семей! Как нарастало число уродств, наглядно видно из отчета Института генетики человека в Мюнхене: 1959 г. — 3 случая двусторонней фокомелии; 1960 — 26 и 1961 г. — 96. И это только в одном городе! Зарегистрировано несколько тысяч случаев таких заболеваний в Англии, столько же во Франции, несколько меньше в Австралии, Канаде и других странах. Во французской пе-

## НАСЕКОМЫЕ И УЛЬТРАЗВУК

В мире животных существуют различные формы защиты жертвы от хищника. Так, у ночных бабочек есть особые слуховые органы, при помощи которых они улавливают ультразвуковые сигналы, издаваемые летучими мышами.

Американские ученые Федер и Трит экспериментально установили, какой орган у бабочек выполняет роль ультразвукового приемника и какая точность при этом достигается<sup>1</sup>. Выяснилось, что у различных ночных бабочек, в особенности у некоторых родов из семейства *Noctuidae*, выработались своеобразные средства защиты против охотившихся за ними летучих мышей. Оказалось, что у бабочек между последними сегментами груди и первым сегментом брюшка расположены тимпанальные органы, которые дают бабочкам возможность улавливать ультразвук, издаваемый летучими мышами. Эти органы способны воспринимать звуки, лежащие в диапазоне 3 ÷ 100 кгц, но не различают отдельные тона. Во время эксперимента бабочка воспринимала сигналы, издаваемые летучей мышью, пролетающей на высоте 6 м и на расстоянии в 30 м от нее. Причем этот звук улавливался по-разному правым и левым тимпанальными органами, что позволяет насекомому определить, с какой стороны приближается враг.

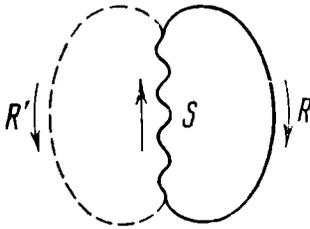
Уловив ультразвуковой сигнал, бабочка молниеносно улетает и садится на какую-нибудь поверхность или, изменив направление полета, начинает двигаться по спиралеобразной траектории. Этим она дезориентирует своего врага, и преследование прекращается.

З. Л. Понизовский  
Москва

## МАТЕМАТИКА ТАНЦА ПЧЕЛ

Еще в 1946 г. немецкий ученый Р. Фриш установил количественную связь между расстоянием от улья до источника пищи и време-

<sup>1</sup> См. «Umschau», 1962, № 7, S. 220.



Траектория танца пчелы.  $S$  — извилистый отрезок,  $R$  и  $R'$  — обратный пробег (правый и левый пробег правильно чередуются)

нем прохождения одного круга танца пчел. Но только в своей последней работе Р. Фриш совместно с О. Кратки разработал теорию, математически выражающую эту связь.

Основная идея его новой теории состоит в том, что пчелы суммируют отдельные участки пути, однако за определенный интервал времени определенная часть каждого пройденного участка пути «забывается» (физиологический механизм такого забывания еще не ясен). Следовательно, время прохождения одного «извилистого отрезка» в танце пчелы пропорционально не всему расстоянию до цели, а величине расстояния, сохранившейся в «памяти» пчелы к концу полета. Исходя из такого допущения, авторы предложили простую формулу, связывающую продолжительность одного круга танца  $t_u$  и расстояние  $S$ , которое пчелы пролетели:

$$t_u = t_0 + \frac{K}{k} (1 - e^{-KS}).$$

Здесь  $t_0$  — время обратного пробега в танце, а постоянная  $k$  — быстрота забывания,  $e$  — основание натуральных логарифмов, равное 2,718.

Данные наблюдений и экспериментов над различными видами пчел хорошо согласуются с найденной закономерностью. Сравнение этих данных для различных видов приводит к мысли, что константы  $K$  и  $k$  определенным образом связаны с максимальной дальностью полета пчел, а именно так, что одинаковые доли максимального пути танцуются в одном и том же темпе и что эти доли одинаково быстро «забываются».

«Naturwissenschaften», Н. 18, 1962, S. 410—417 (ГДР)

чати называлась общая ориентировочная цифра — около двадцати тысяч! Однако эту цифру нельзя считать окончательно достоверной.

Ответственность за создавшееся положение несут фармацевтические фирмы, которые в погоне за прибылями не задумываются над последствиями, вызываемыми рекламируемыми ими средствами. Допуски при продаже лекарств в ряде капиталистических стран чрезмерны и фирмы широко используют их для максимальной наживы. Контролирующие организации проверяют лишь безопасность препарата, а не пригодность его для лечения того или иного заболевания, и это открывает дорогу многим шарлатанским средствам.

Ученые считают, что продолжительность жизни детей, пораженных фокомелией, не будет существенно отличаться от нормальной продолжительности человеческой жизни. И эти люди, жизнь которых исковеркана с самого момента их рождения, еще долго будут служить наглядной иллюстрацией жестокости и уродства, порождаемых капиталистическим строем.

А. Х. Тамбиев

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПЕРИОД МГСС

МГСС — Международные годы спокойного Солнца — приурочены к периоду минимума солнечной деятельности и будут проводиться в течение двух лет, с 1 января 1964 г. по 31 декабря 1965 г. Цель их — продолжить изучение связи солнечных и земных явлений, начатое в Международный геофизический год (МГГ), и изучить особенности протекания геофизических явлений в планетарном масштабе в период минимального воздействия на Землю солнечных радиаций. Вместе с полученными в период МГГ данными они помогут охарактеризовать изменение геофизических явлений за целый солнечный цикл. Основное внимание будет сосредоточено на изучении явлений, происходящих на Солнце, в межпланетном пространстве и в верхних слоях земной атмосферы, начиная от стратосферы и кончая радиационными поясами Земли.

За время МГСС будет организовано изучение развития процессов на Солнце и их воздействия на Землю, на ионосферу и магнитное поле Земли. Исследование структуры возмущений и вариаций магнитного поля Земли должно установить их связи с солнечными корпускулярными потоками, уровнем активности волновой радиации Солнца, возмущениями в ионосфере с учетом условий, создаваемых низким уровнем солнечной деятельности. Будет также проведено изучение короткопериодических колебаний земных токов и магнитного поля Земли, корреляции этих колебаний с различными геофизическими явлениями, определен характер электромагнитного поля Земли в период максимума и минимума солнечной деятельности, выяснено пространственное распределение магнитного поля Земли и состояние ее верхней атмосферы в этот период. Будут продолжены исследования полярных сияний, природы и механизма свечения ночного неба, его связей с другими геофизическими явлениями, поляризации дневного и сумеречного неба с изменением активности в период максимума и минимума. Будет уделено внимание изучению радиационных поясов Земли в зависимости

от изменения уровня солнечной активности, исследованию спектра и состава частиц малых энергий, выяснению взаимодействия между магнитным полем Земли и окружающей Землю плазмой и другим весьма важным геофизическим явлениями. Намечаются патрульные наблюдения на спутниках за ультрафиолетовым, рентгеновским, корпускулярным излучениями и радиоизлучением Солнца, магнитная съемка земного шара со спутников, измерение электронной концентрации в верхней части ионосферы при помощи ионосферных станций, установленных на спутниках, организуются наблюдения за облачным покровом и измерения солнечной и земной радиаций в различных участках спектра с метеорологических спутников.

## ВОЗМОЖНА ЛИ ЖИЗНЬ НА ЮПИТЕРЕ?

В конце 1962 г. вышла в свет книга известного советского астрофизика и радиоастронома проф. И. С. Шкловского «Вселенная, жизнь, разум». Публикуем отрывок из книги, в котором излагается гипотеза о возможности жизни на Юпитере.

Как это ни может показаться парадоксальным, в настоящее время большие планеты, в частности Юпитер, можно считать значительно более подходящими пристанищами для жизни, чем Венера. В частности, такого мнения придерживается американский астроном Саган. Простые органические соединения могли синтезироваться в атмосферах больших планет, во многих отношениях напоминающих первичную атмосферу Земли. В качестве внешнего «стимулятора» для такого синтеза можно предположить либо электрические разряды, либо ультрафиолетовое излучение Солнца. Радиоастрономические наблюдения дают некоторые указания на наличие мощных электрических разрядов в атмосфере Юпитера. Довольно часто на сравнительно длинных волнах (15—20 м) гигантская планета дает мощные «вспышки» радиоизлучения длительностью в несколько секунд. Возможно (хотя это и не доказано), что такое излучение связано с грозowymi разрядами огромной мощности. Атмосфера Юпитера охвачена бурными конвективными движениями. Образующиеся органические молекулы могут опускаться поэтому на довольно значительную глубину. Возможно, что температурные условия там более подходящие для синтеза сложных органических соединений, чем на более высоких уровнях атмосферы, в частности над плотным облачным слоем, образующим видимую поверхность Юпитера. Очевидно, что на некоторой глубине температура атмосферы должна лежать в пределах  $0 \pm 50^\circ \text{C}$ , т. е. примерно быть такой же, как и на Земле. Саган даже предполагает, что на определенной глубине можно ожидать, что вода и аммиак могут находиться в жидком состоянии. Мы еще слишком мало знаем о природе планет-гигантов, чтобы исключить возможность наличия под толщей их атмосферы аммиачных или водяных океанов.

Образующиеся в атмосфере Юпитера (а также других больших планет) органические соединения должны растворяться в аммиачных или водяных морях. Это может вызвать дальнейшее образование более сложных молекулярных комплексов, и кто знает, может быть, там имеются очень своеобразные, радикально отличные от земных живые существа... (стр. 140—141).

## АТЕРОСКЛЕРОЗ ЛОСОСЕЙ

Нормальный уровень содержания холестерина в крови некоторых рыб достигает чрезвычайно высокой цифры — 1000 мг на 100 см<sup>3</sup>, но перерождения артерий у них не происходит. Во всяком случае, за 25 лет наблюдений в Нью-Йоркском аквариуме не было обнаружено ни одной большой рыбы.

Тем интереснее, что у тихоокеанских лососей в период подготовки к икрометанию артерии сильно перерождаются, что, видимо, служит одной из причин их гибели сразу же после откладывания икры. Очевидно, заболевание артерий связано у лососей не с высоким содержанием в крови холестерина, а с глубокими физиологическими изменениями в организме. Эти изменения обусловлены огромным физическим напряжением во время длительного подъема против течения, тем, что лососи во все время тяжелого путешествия к верховьям рек совсем не питаются и, наконец, тем, что в этот период в их организме созревает икра.

«New Scientist», v. 14, 1962, № 301, p. 420 (Англия)

## ЗИМНИЕ ЛУГОВЫЕ ТРАВЫ

В Англии нет кормовых трав, способных произрастать с ноября по март в достаточно суровых климатических условиях Британских островов. Коллекция таких растений, не прекращавших рост и в зимние месяцы, была получена в 1956 г. из Организации по продовольствию и сельскому хозяйству Объединенных наций (F. A. O. U. N.). Среди них особый интерес вызвала овсяница высокая (*Festuca elatior* L.) из Северной Африки. Для сбора семян этого растения в Атласские горы была снаряжена специальная экспедиция. Сейчас Кембриджский селекционный институт из алжирских и марокканских сортов вывел новые сорта, названные SY-1 и SY-2. Опытные посевы их, произведенные Семеноводческим институтом в г. Хэрли, дали хорошие результаты. Другие исследовательские учреждения Англии культивируют новый сорт

райграсса «Ва-6280», полученный на основе видов, произрастающих в Южной Нормандии.

«New Scientist», 1962, № 311, p. 247  
(Англия)

## КОНГРЕСС ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

С 17 по 23 июля 1963 г. в Лондоне состоится V Международный конгресс по химическим методам защиты растений. Темы докладов, представленных на Конгресс, делятся на 5 основных групп: избирательная токсичность защитных веществ; проникновение и передвижение этих веществ в растениях; химические факторы в народном хозяйстве и патогенез некоторых заболеваний растений; средства защиты в обмене веществ растений и подавление жизнедеятельности микроорганизмов; связь между биологической активностью защитных средств и их молекулярной структурой.

## ОСВОЕНИЕ МОРСКИХ ГЛУБИН

Молодой бельгийский водолаз Роберт Стеньюит пробыл 26 час. на глубине 60 м и еще почти трое суток на меньшей глубине. Он находился в специально оборудованной камере, где мог есть, спать и работать. Наиболее примечательной особенностью опыта, позволившей оценить его как первый существенный шаг к освоению морских глубин, было то, что водолаз дышал смесью кислорода и гелия. В составе этой дыхательной смеси вовсе не было азота, что снизило опасность кессонной болезни. Это же обстоятельство предотвратило «глубинное опьянение». Угроза кислородного отравления была невелика, так как в дыхательной смеси содержалось мало кислорода.

Отметим, что во время известных опытов, поставленных французским исследователем морей Ивом Кусто, водолаз находился на глубине лишь 10 м и дышал обыкновенным воздухом, явно не пригодным для глубоких погружений.

«New Scientist», v. 15, 1962, № 305.  
p. 596 (Англия)

## НОВЫЕ ГИПОТЕЗЫ О ЛУНЕ

В связи с перспективой достижения Луны космическими кораблями в научной литературе обсуждаются различные гипотезы о физических условиях на поверхности и внутри этого небесного тела. О двух таких гипотезах сообщает журнал «Scientific American»<sup>1</sup>. Известный астроном Копал оспаривает общепринятое мнение, что внутреннее ядро Луны холодное. Копал рассчитал разогрев приливным трением, возникающим вследствие земного притяжения, и пришел к выводу, что температура этого ядра должна быть около 1000—2000° С. Следует отметить, что идея о приливном трении как причине разогрева внутренних частей холодных небесных тел впервые обсуждалась на страницах нашего журнала<sup>2</sup>.

Другая гипотеза, которую дискутирует английский ученый Сэлисбюри, касается предположения, что под поверхностью Луны есть вода. Основой для этой гипотезы служат наблюдения советского астронома Н. А. Козырева, которому удалось изучить спектр газа, выделяющегося из лунного кратера. Одной из составных частей газа оказалось вещество с двумя атомами углерода в молекуле. Сэлисбюри предполагает, что это мог быть ацетилен, образовавшийся при воздействии воды на карбид кальция. Ученый подчеркивает большое значение воды для космонавтов, которые высадятся на Луне. Он считает, что все остальные полезные ископаемые, которые могут быть там обнаружены, едва ли смогут иметь практическое значение. Вода же не только может быть использована космонавтами как таковая, но и при помощи энергии солнечных батарей разложена электролизом с тем, чтобы получить кислород для дыхания, а также водород и кислород как ракетное топливо для обратного полета. Сэлисбюри считает, что вода могла играть роль в образовании некоторых топографических деталей лунного ландшафта, например цепей малых кратеров. Предлагается при исследовании Луны при помощи посылаемых на нее приборов обратить особое внимание на поиски воды в соответствующих местах.

Профессор Д. А. Франк-Каменецкий  
Москва

## ТИПЫ ХРОМОСФЕРНЫХ ВСПЫШЕК

В Астрономическом институте Чехословацкой Академии наук, на основании изучения фильтрограмм, были сделаны заключения об общих свойствах движения раскаленных масс в хромосферных вспышках. Все движения во вспышках, наблюдавшихся как на диске, так и на лимбе Солнца, могут быть разделены на четыре основные группы.

Вспышки с непрерывным медленным восхождением. Их средняя скорость от 1 до 14 км/сек, максимальная высота 50 000 км. Обычно восхождение непрерывно продолжается в течение всего развития вспышки, зона подъема медленно ослабевает и наконец рассеивается высоко над уровнем хромосферы. Почти во всех случаях в зону подъема оказывалась вовлеченной только часть вещества, охваченного вспышкой, остальная часть оставалась на исходном уровне.

Вспышки с быстрым восхождением и более медленным спуском. По-

<sup>1</sup> См. «Scientific American», v. 207, 1962, № 4, стр. 63.

<sup>2</sup> См. «Природа», 1960, № 3, стр. 122—124.

видимому, это самый частый случай. Скорость движения вверх в этих вспышках, согласно наблюдениям, составляет 30—140 км/сек. Скорость движения вниз — от 10 до 100 км/сек. Как и в предыдущем случае, высота подъема не превышает 50 000 км. Максимальная скорость восходящего движения обычно наблюдается непосредственно после начала вспышки, а затем плавно уменьшается.

Вспышки с очень высокой скоростью выброса — до 1000 км/сек и высотой до 250 000 км. Скорость выброса обычно постепенно нарастает до максимума.

Расширяющиеся вспышки образованы двумя «волоконями». Скорость расширения, т. е. скорость движения каждого из двух «волокон», была установлена в пределах от 1 до 11 км/сек. Все вспышки этого рода имеют общие характерные черты: они появляются либо вне группы солнечных пятен (тогда как остальные вспышки могут возникать и внутри их), либо между двумя группами, либо, наконец, на продолжении линии, соединяющей два главных пятна. По-видимому, необходимое условие для возникновения вспышек четвертого типа — это присутствие слабых магнитных полей. Следует добавить, что в 1958 г. был описан и другой тип расширения хромосферных вспышек — со скоростью порядка 100 км/сек. Однако до настоящего времени было сообщено лишь о двух вспышках с такой большой скоростью расширения, и их, видимо, нужно рассматривать как исключительные явления.

*«Бюллетень астрономических институтов Чехословакии», т. 13, 1962, № 5, стр. 198—202.*

## НУКЛОНЫ И ПИОНЫ

В 1962 г. в Линдау (ФРГ) состоялся съезд лауреатов Нобелевской премии по физике, в котором среди других ученых приняли участие Н. Бор, Юри, Дж. Франк, М. Борн, Дж. Кокрофт, Р. Гофштадтер. Последний доложил о своих исследованиях структуры нуклонов<sup>1</sup>.

Изучая в Станфордском университете (США) рассеяние электронов больших энергий (до 1,3 млрд. эв) на ядрах водорода и дейтерия, Гофштадтер установил, что в нуклонах есть три компонента: сердцевина, заряженная (в том числе и у нейтронов), внутренняя и внешние зарядовые облака. В сердцевине содержится около 35% электрического заряда нуклона, во внешнем облаке около 15% и во внутреннем около 50%. Поскольку протон рассматривается как элементарный заряд, описанные результаты измерений следует истолковывать таким образом, что «носители» этого элементарного заряда встречаются во всей области пространства, занятой протоном, с вероятностью 100%, а в его различных участках — с вероятностями в 35, 15 и 50%.

В настоящее время можно высказать некоторые предположения о природе «носителя заряда».

Нейтрон отличается от протона только знаком электрического заряда внутреннего облака. Еще до опытов Гофштадтера Х. Юкава развил теоретические представления о природе ядерных сил, согласно которым нуклоны испускают частицы и затем через очень короткое время снова их поглощают. Предполагалось, что эти, как их называют, виртуальные частицы идентичны с пионами ( $\pi$ -мезонами). Из гипотезы Юкавы и исследований Гофштадтера следовало ожидать эмиссии положительных мезонов протонами и отрицательных — нейтронами. Одна-

<sup>1</sup> Существование этих исследований было изложено в журнале «Природа», 1961, № 10, стр. 11—22; 1962, № 3 стр. 101—103.

## МЕТАЛЛЫ В «РУБАШКЕ»

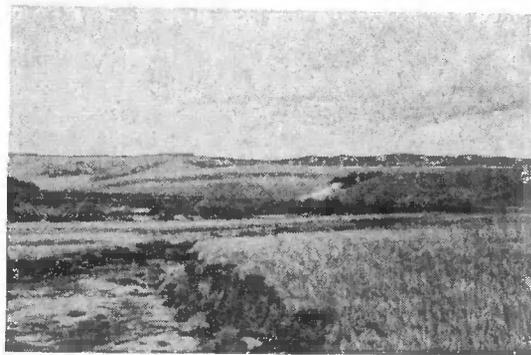
Метод, разработанный научными работниками кафедры пластмасс Краковского политехнического института, — новый шаг в борьбе с коррозией, этим грозным врагом металлов.

Металл нагревают до определенной температуры, погружают в сосуд, наполненный порошкообразной пластмассой. В условиях высокой температуры порошок «тает» и покрывает поверхность металла тонкой стекловидной «рубашкой» в виде эластичной эмали. Обработка требует нескольких десятков секунд.

*«Польское обозрение», 1962, № 47.*

## ЗМЕИ И ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА

В лесостепных районах восточных отрогов Нерчинского хребта, в бассейнах рек Репица и М. Кулинда (правый приток реки Онон) к дну падей и залесенным склонам северной экспозиции приурочены острова мерзлоты. Известно, что змеи встречаются здесь только в степных и луговых участках и никогда — в лесных. Например, пока поселок Березовка находился на степном склоне южной экспозиции в долине Ольховой, жители страдали от змей, часто заползавших в дома. После того как поселок перенесли на правый берег Репицы, где склон северной экспозиции покрыт березовым мелколесьем,



Один из лесостепных районов Забайкалья с островным распространением вечной мерзлоты

нашествия амей почти прекратились.

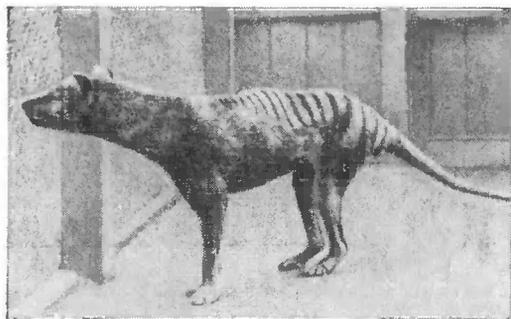
Чем же объяснить такое удивительное явление? По-видимому, амей приурочены здесь к участкам таликов (талых пород) среди мерзлых толщ. Поэтому отсутствие их в сходных физико-географических условиях может служить своего рода показателем распространения сплошной вечной мерзлоты. Если же в таких районах амей есть, — это говорит о пятнистом распространении мерзлоты.

Н. Н. Карпов  
Москва

## СУМЧАТЫЙ ВОЛК В ТАСМАНИИ

Сумчатого волка принято считать вымирающим животным. Однако недавно член группы по изучению сумчатого волка в Тасмании — Н. Р. Лапрд прислал Лондонскому обществу охраны животных отпечаток ноги молодого сумчатого волка, найденный на северном берегу Тасмании. Он сообщает при этом, что сумчатый волк, безусловно, еще существует в отдельных разрозненных районах Тасмании. Это же подтверждает поимка двумя рыбаками в 80 км севернее Макарихеда такого же животного. Волку удалось сбежать из клетки. Но у него успели взять пробу крови и образцы шерсти, тщательное изучение которых полидостью подтвердило его принадлежность к этому редкому виду. Численность сумчатых волков ничтожна, но и тем немногим уцелевшим особям грозит полнейшее уничтожение, если не предпринять самых строжайших мер охраны этих животных.

«Das Tier», 1962, № 10, S. 45 (ФРГ)



ко истолкование внутреннего заряженного облака при помощи пионов оказалось несостоятельным.

На основании Гейзенберговского соотношения неопределенности средний радиус облака, состоящего из пионов, должен был равняться примерно 1,5 ферми, в то время как измерения Гофштадтера дали для него величину около 0,8 ферми. Оставалось предположить, что носителями заряда во внутреннем облаке нуклонов являются другие, еще не известные частицы, примерно с двойной массой пионов. И действительно, такие частицы были обнаружены в последние месяцы 1961 г. Речь идет о частицах, которые можно себе представить как прочно связанные два пиона. Их обозначают поэтому «би-пионы». При помощи таких положительно и отрицательно заряженных би-пионов пытаются объяснить внутренние зарядовые облака нуклонов. Для истолкования внешнего распределения зарядов нуклонов, вероятно, можно будет использовать недавно открытые три-пионы<sup>1</sup>, которые представляют собой «сплав» трех пионов. Энергия связи между ними так велика, что, вследствие получающегося при возникновении дефекта массы, остающаяся масса трех пионов меньше, чем масса би-пионов. Соответственно средний радиус облака, образованного три-пионами, может быть больше, чем радиус внутреннего облака, состоящего из би-пионов.

Таким образом, сегодня модель нуклонов рисуется следующим образом: «голая» сердцевина нуклона (выступая на съезде, Гейзенберг подчеркнул, что не следует представлять себе эту сердцевину «прочной» и «твердой») имеет средний радиус примерно в 0,2 ферми. Эта сердцевина дает виртуальную эмиссию мульти-пионов, образующих зарядовые облака со средними радиусами в 0,8 и 1,4 ферми. Внутреннее би-пионное облако «населено» с вероятностью 50%, а внешнее (три-пионное) — 35%.

«Chemie für Laboratorium und Betrieb», 1962, August, S. 309—317 (ФРГ)

## ПРИРАЗЛОМНЫЕ СКЛАДКИ ПАЛЬМИРИД

Сирия — область с очень спокойным режимом тектонических движений и практически горизонтальным залеганием слоев. Среди выжженной солнцем каменистой Сирийской пустыни в северо-восточном направлении протягиваются невысокие хребты Пальмирид, в которых тектонические структуры приурочены к серии разрывных нарушений, совпадающих с общим простиранием хребтов. Недавние геологические исследования, проведенные нашими учеными, показали, что складки первого порядка имеют килевидную, коробчатую или аркообразную форму, они достигают 25 км длины и 1—4 км ширины. Наблюдения особенно интересны в связи с теорией В. В. Белоусова<sup>2</sup>, объясняющей образование подобных складок вертикальными движениями поднимающихся отдельных глыб фундамента, которые ограничиваются вертикальными или близкими к ним разрывными нарушениями. Это — глыбовые складки, к ним могут быть отнесены все антиклинальные складки первого порядка хребтов Пальмирид.

В случае, если среди осадочных толщ есть гипсы, глины и другие пластичные породы, то при благоприятных условиях эти породы могут оттекать из одних мест и нагнетаться в другие, более ослабленные зо-

<sup>1</sup> В литературе их обозначают  $\rho$  и  $\omega$ .

<sup>2</sup> См. «Природа», 1961, № 6, стр. 14—23.

## БИОХИМИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Какое именно влияние оказывают те или иные вещества в очень малых концентрациях на образование в растительных тканях определенных химических соединений? Опыты, проведенные польскими учеными на пятидневных сеянцах *Raphanus sativus*, показали, что многие микроэлементы повышают образование в растениях аскорбиновой кислоты. Так, при добавке тетрабората содержание ее возрастает в среднем на 25%, солей цинка — на 42%, а солей кадмия — даже на 92%. Соли двухвалентного никеля, наоборот, снижают содержание аскорбиновой кислоты в среднем на 47%. Соли олова, марганца, ртути, серебра, кобальта, хрома, висмута, алюминия, железа, меди, свинца и молибдена не оказывают существенного влияния на содержание аскорбиновой кислоты в сеянцах.

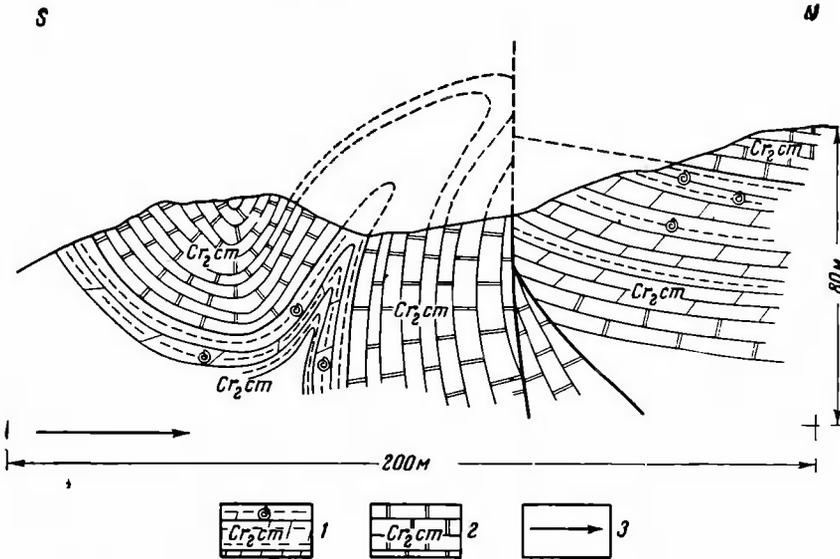
«Бюллетень Польской Академии наук, серия биологическая», 1962, т. X, вып. 6, стр. 195—202.

## КОСТЬ КАК ДВУХФАЗНЫЙ ПОЛИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛ

Английский зоолог Керри предлагает физико-химическое объяснение того, почему именно позвоночные животные оказались победителями в борьбе за существование. Керри связывает это с высоким механическим качеством кости, основным конструктивным материалом в организме позвоночных. Он сравнивает кость с двухфазными полимерными материалами, такими как стекловолокно. Кость состоит из мелких кристаллов фосфорнокислого минерала апатита, распределенных в массе белка коллагена. Двухфазный материал соединяет в себе преимущества обеих составляющих. Апатит прочен, но хрупок. Маленькие трещины, образующиеся в мелких кристаллах апатита, не распространяются дальше, так как этому препятствует мягкий и пластичный коллаген. У беспозвоночных структурные материалы однофазны и как таковые не могут конкурировать с двухфазным полимерным материалом, каким являются кости позвоночных.

«Scientific American», v. 207, 1962, № 4, p. 65 (США)

8\*



Панорама (сверху) и разрез (снизу) приразломной антиклинальной складки второго порядка. На переднем плане пласты доломитов по разлому поставлены в вертикальное положение. 1 — мергели и глины с фауной устречников мелового возраста (сеноман); 2 — доломиты; 3 — направление приложения силы, вызвавшей сжатие пород при образовании приразломной складки

пы, перемещаясь на некоторые расстояния в горизонтальном направлении. Особенно хорошо пластичный материал нагнетается в ослабленные зоны разломов. Здесь, в зоне разрывов хребтов Пальмирид, видны подобные складки второго и третьего порядка («складки нагнетания», по В. В. Белоусову).

Посмотрите на фотопанораму. В ядре килевидной приразломной складки обнажаются очень пластичные мергели и глины сеноманского возраста. Перекрываются же они менее пластичными доломитами того же возраста. Во время дифференцированных движений сбросового характера в зону разлома выдавливались более пластичные породы: по сбросу опускалась южная часть структуры и в зону разлома выдавливались гипсы и глины юрского и мелового возраста. В результате сформировалась приразломная антиклинальная складка.

Таким образом, формирование структуры происходило в два этапа. Первый этап характеризовался ростом складок и образованием антиклиналей, второй — структур оседания. Оба этапа сопровождался возникновением большого числа складок второго и третьего порядка.

Е. Д. Сулиди - Кондратьев  
Москва

## ДАЛЬНИЕ МИГРАЦИИ ОСЕТРОВ

В течение последних лет было сделано несколько наблюдений, показывающих, что осетровые способны покрывать гораздо большее расстояние, чем было принято думать.

19 октября 1961 г. близ западного побережья Гренландии, севернее Суккертоппена, был пойман самец осетра длиной 78 см и весом 2,4 кг. 27 апреля 1960 г. его поместили в устье р. Аск (графство Момутшир, Англия). Расстояние между местом метки и помки равно примерно 3700 км. До этого случая исключительно далекой миграции был отмечен в 1956 г., когда в одном из фьордов несколько южнее Суккертоппена был пойман осетр, меченный в Шотландии.

К берегам Гренландии мигрируют также осетры из Америки. В 1960 г. на юго-западном побережье Гренландии был пойман осетр, меченный в устье р. Миромитши (провинция Нью-Брансуик, Канада), а в 1962 г. в Гренландии выловили еще одного осетра с меткой, сделанной в Канаде.

Таким образом, к берегам Гренландии заплывают осетры, выведшиеся как в европейских, так в американских реках. Совершают ли они столь же дальние путешествия обратно в родные реки, на это пока ответа нет.

*«Nature», v. 195, 1962, № 4846, p. 1122 (Англия)*

## ЛЕКАРСТВО- МАНИЯ — БОЛЕЗНЬ XX ВЕКА

Недавно в Варшаве состоялся научный симпозиум, посвященный вопросам злоупотребления медикаментами. С тревогой следят врачи за растущей в современном обществе тенденцией к злоупотреблениям различными «успокаивающими» пилюлями и микстурами. Симпозиум, организованный Институтом фармакологии и терапевтической комиссией Польской АН, несомненно сыграет роль «успокоительного лекарства» против этой болезни XX века.

*«Польское обозрение», 1962, № 49*

## ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ И ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ

Участник Первой Советской антарктической экспедиции, старший научный сотрудник Центрального института прогнозов Р. Ф. Усманов изложил новую гипотезу циркуляции атмосферы, связанную с вращением Земли.

При исследовании циркуляции атмосферы Южного и Северного полушарий обнаружено одновременное развитие циклонов и антициклонов, квазисимметрично расположенных относительно экватора. Это явление одновременности, как и несоответствие между среднеширотными экстремумами<sup>1</sup> давления и температуры воздуха, нельзя объяснить притоком лучистой энергии Солнца. Не связано ли оно с изменениями скорости вращения Земли, в равной мере проявляющимися как в Северном, так и в Южном полушариях?

Как известно, скорость вращения Земли испытывает вековые, сезонные и скачкообразные изменения. Амплитуда сезонных изменений продолжительности суток достигает нескольких миллисекунд, а скачкообразных, т. е. ото дня ко дню, — 10 мсек.

Сезонные изменения скорости вращения Земли раньше пытались объяснить сезонными перераспределениями воздушных масс, однако расчеты не оправдали такую взаимозависимость; энергетические возможности циркуляции атмосферы оказались значительно меньше тех, которые могли бы определить сезонные изменения скорости вращения Земли. Для объяснения причин изменения скорости вращения Земли надо найти более мощные факторы, чем изменения циркуляции атмосферы. В поисках причинно-следственной связи была предложена противоположная гипотеза — о влиянии изменений скорости вращения Земли на общую циркуляцию атмосферы. Эта гипотеза устраняет трудности объяснения одновременных возмущений циркуляции атмосферы в Северном и Южном полушариях, происхождения среднеширотных экстремумов давления и появления экваториальных течений с запада на восток.

При вращении Земли ее воздушная оболочка, подобно геоиду, образует фигуру относительного равновесия атмосферы — атмосфероида, которая быстро реагирует на пульсации скорости вращения Земли. При деформации атмосфероида возникает система ветров (циркуляция атмосферы), способствующая сохранению устойчивости атмосфероида.

Атмосфера Земли ассиметрична, что выражается в преобладании массы воздуха в Северном полушарии по сравнению с Южным. Эта ассиметрия налагает дополнительные особенности на планетарную циркуляцию атмосферы.

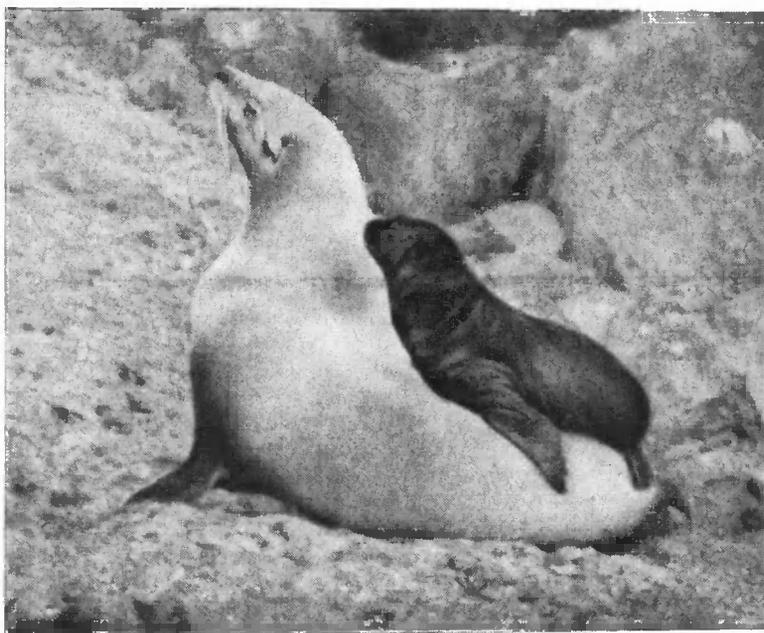
*От редакции.* Идея Р. Ф. Усманова вызывает у метеорологов большие возражения, как недостаточно обоснованная. Она не объясняет и не сводит воедино все известные факты и теории, а просто не принимает их во внимание. И хотя эта идея очень спорна, но она оригинальна, любопытна и свидетельствует о том, что мысль исследователей направлена на поиски взаимосвязи и взаимодействия всех геофизических явлений.

<sup>1</sup> Максимумы и минимумы.

# ПОЛЯРИЗАЦИЯ КОСМИЧЕСКОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Новые результаты получены австралийскими радиоастрономами при изучении поляризации радиоволн, приходящих к нам на Землю от космических источников<sup>1</sup>. Наибольшая степень поляризации — 38% отмечена у Центавр А, ближайшего из внегалактических источников, расстояние до которого оценивается в 13 млн. световых лет. Сам факт поляризации свидетельствует о том, что излучение испускается при вращении быстрых электронов в магнитном поле (так называемое синхротронное излучение релятивистских электронов). То, что наибольшая поляризация наблюдается для ближайшего из источников, может объясняться деполяризирующим действием беспорядочных магнитных полей во внегалактическом пространстве. Отсюда исследователи делают вывод, что степень поляризации может служить мерой расстояния до источника. Наиболее интересными представляются наблюдения Купера и Прайса, которые изучали зависимость направления поляризации от длины волны в интервале от 10 до 30 см. Зависимость имела такой же характер, как при эффекте Фарадея, т. е. вращении плоскости поляризации в регулярном магнитном поле. Такое вращение должно происходить в ионосфере Земли под действием земного магнитного поля; однако Купер и Прайс подсчитали, что наблюдаемый ими эффект значительно сильнее. Они делают вывод, что вращение плоскости поляризации космического радиоизлучения происходит либо во внешних областях самого источника, либо где-то в нашей Галактике. Если это так, то в космическом пространстве, помимо уже известных беспорядочных (турбулентных) полей, должны существовать обширные области регулярного магнитного поля, наполненные разреженной плазмой. Q подобных регулярных космических полей ранее ничего не было известно.

<sup>1</sup> См. «Scientific American», в. 207, 1962, № 5, p. 72.



## КЛУБНИ КАРТОФЕЛЯ В РАСТВОРЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В совхозе «Индустрия» Московской области проведен опыт по предпосадочному намачиванию клубней картофеля в растворах минеральных удобрений. Опыт был заложен на площади 0,5 га в трехкратной повторности. За четыре часа до посадки вывезенные в поле кучи картофеля полили 4%-ным раствором аммиачной селитры и суперфосфата. Примерно через три часа клубни разложили в лунки и заделали тракторным окучком.

Уборка урожая производилась в октябре 1962 г. С каждого гектара было получено от клубней, смоченных раствором, 244 ц, а от посаженных обычным способом — 228 ц. Средний вес товарных клубней картофеля составил соответственно 110 г и 94 г. Таким образом, один гектар благодаря предпосадочной обработке клубней дает прибавку урожая в 16 ц.

Н. А. Гроше

Москва

## ВЕРХОМ НА СИВУЧЕ

Морские котики (*Callorhinus ursinus*) и сивучи (*Eumetopias jubatus*) относятся к разным родам семейства ушастых тюленей. На Командорских островах они часто залегают на одних и тех же лежбищах, где можно наблюдать интересные взаимоотношения между этими животными. Однажды нам удалось увидеть, как молодой котик катался на спине сивуча, а чтобы не упасть, крепко держался своими лапами за его спину (см. рис.). Сивуч вначале не протестовал, но потом ему, видимо, надоела такая «фамильярность» и он, нырнув в воду, легко избавился от назойливого наездника.

Г. А. Нестеров

Камчатское отделение Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (Петропавловск-Камчатский)

## ЧЕРНАЯ ЗЛАТКА

Черная златка (*Capnodis tenebrionis* L.) опасный вредитель абрикоса, персика, черешни и других косточковых плодовых пород, причиняющий большой ущерб нашему садоводству в питомниках и плодородческих хозяйствах. При этом вредят и личинки и жуки. Жук, появляющийся с мая по август, наносит ущерб посадкам до поздней осени. В саду он грызет черешки листьев, почки, тонкие ветви плодовых деревьев, в питомнике — побеги молодых сеянцев, окулянтов, узорчато объедает листья.

Наибольший вред причиняет личинка златки. В питомнике и в саду она врывается в кору растений, поражает древесину (рис. 1) или, подкапываясь под землей, врывается в корни. Личинка внедряется в корни под опробковевшей частью коры, проделывает ходы, заполняя их экскрементами. В результате разрушается корневая шейка и растение погибает (рис. 2).

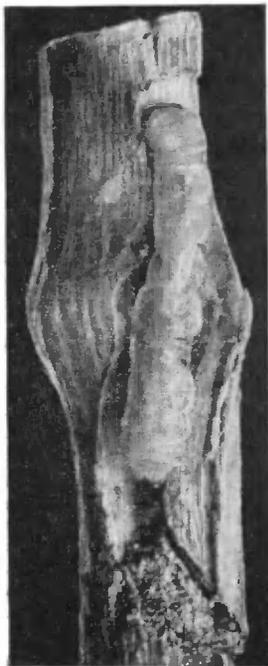


Рис. 1. Так выглядит личинка черной златки

Взрослое насекомое черной златки — это крупный жук с матово-черными надкрыльями, белая передняя спинка покрыта черными пятнами. В течение своей жизни самка откладывает от 200 до 2500 яиц, из которых отрождаются тринадцатичленистые личинки белого цвета.

При воспитании сеянцев косточковых лучший результат по сохранности дают своевременные регулярные поливы. Выросшие в хороших усло-

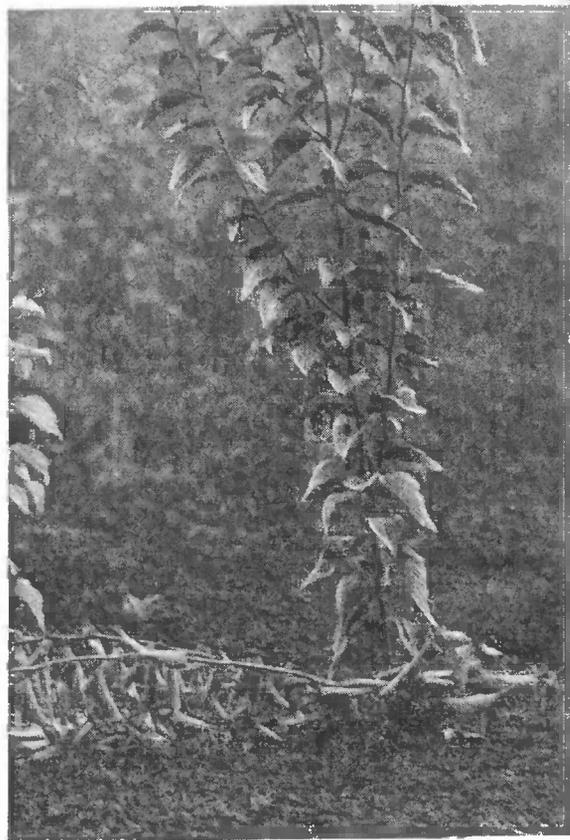


Рис. 2. В результате повреждения корневой шейки растение погибает

виях здоровые сеянцы, при повреждениях, наносимых личинками златки, обильно выделяют камедь, в которой личинки гибнут.

В садах с сильным заражением черной златкой необходимо во время лета жуков, начинающегося с мая, опыливать деревья арсенатом кальция с одновременной обмазкой стволов пятипроцентной суспензией дуста гексахлорана, или опыливать вокруг корневой шейки в радиусе 40 см, с заделкой на глубину 7—10 см (80 г 12% дуста гексахлорана на 1 м<sup>2</sup>).

А. С. Жуков  
Краснодар

# ЮЖНОСЛОВАЦКИЙ КАРСТ

К югу от г. Рожнова вдоль словацко-венгерской границы расположен один из крупнейших карстовых районов Центральной Европы — Южнословацкий карст. Площадь его — около 700 км<sup>2</sup>. На расчлененном глубокими каньонами известковом нагорье прекрасно выражены подземные и поверхностные карстовые формы. Неповторима красота пещер, каньонов, громадных подземных рек. Для процесса развития современного карста большое значение имел погребенный рельеф древней поверхности, сложенной кварцитами, песчаниками, глинистыми и мергелистыми сланцами нижнего триаса. Немаловажную роль в формировании древнего рельефа сыграли и тектонические движения. Процессы выравнивания и поднятия территории, эрозия и размыв привели к тому, что на месте прежних хребтов, сложенных легко размываемыми породами, образовались широкие продольные долины. Более плотные породы так легко размыву не подвергались и поэтому известняковое плато располагается сейчас высоко над долинами, образуя так называемый инверсионный рельеф.

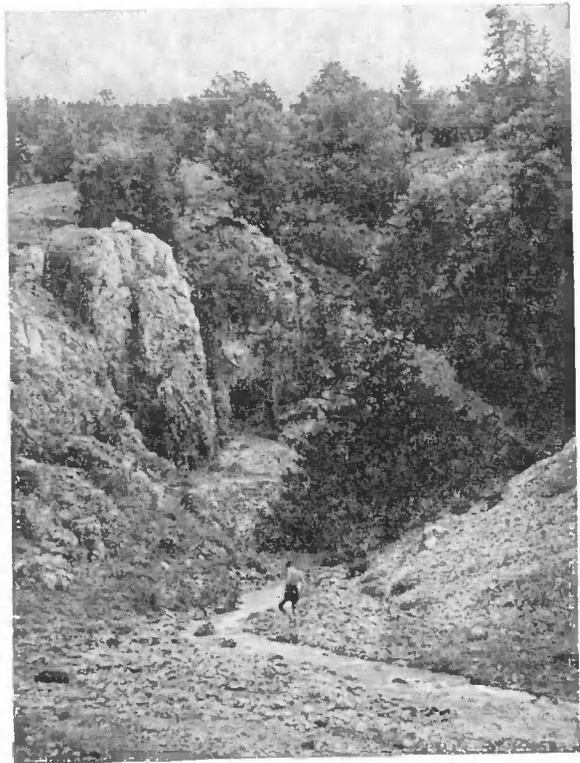
Самый обширный и интересный район Южнословацкого карста — это Силицкое плато, расположенное на высоте до 600 м над ур. м. Своей южной частью оно заходит в Венгрию. Кроме непроходимых карстовых полей и многочисленных воронок, здесь много пещер. Встречается также множество карстовых источников, карстовые озера.

Самая крупная пещерная система — Домица, длина ее 7 км.

Глубокая долина р. Слана на высоте 840 м отделяет Силицкое плато от П्लешивецкого. Здесь исследованы четыре большие пещерные системы. Из источников, выходящих на поверхность, — самый большой у с. Видова, с дебитом более 600 л/сек. У подножья плато вытекает Брзотинский источник (дебит 500 л/сек), соединенный пещерной системой с подземными озерами длиной более 100 м. Всего здесь насчитывается 5 крупных и 11 мелких родников.

В центральной и южной частях плато широко распространены глубокие каньоны, которые соответствуют тектоническим трещинам. Самый глубокий из них (100 м) — Звонива дыра, на две которой есть пещера с многометровыми сталагмитами.

На Конярском плато — одном из наименьших плато Южнословацкого карста — также есть типичные проявления карстовых процессов. Так, на Градной вершине (около 425 м над ур. м.) вокруг



Карстовый источник у Кечова

глубокой расщелины развиты карровые поля. На откосе плато, у Германской Горки, встречается небольшая капельниковая пещера Скалица и несколько карстовых источников.

Живописна восточная часть Силицкого плато, где протягивается глубокий карстовый Задельский каньон глубиной в 400 м. Длина этого великолепного каньона составляет почти 3 км, ширина его дна — всего 5—10 м. Известняковые скалы образуют местами причудливые столбы, например известную Цукровую гомолю. Здесь также много карстовых источников. Самый мощный из них имеет дебит 275 л/сек. Вокруг него залегают мощные пласты травертина. В известняках и известняковых конгломератах триаса расположена целая система пещер, стены которых отливают ярко-серым и розовым цветами. Одна из них — Ясовская пещера — длиной 3 км имеет несколько этажей, ее часто посещают туристы. На стене надпись, относящаяся к 1440 г. Она отмечает победу Гуситских войск Яна Искры из Брандыса над венгерскими войсками. Ясовское плато, имеющее очень сложные гидрологические условия, покрыто большей частью буковыми лесами.

Станислав Хабера  
г. Ческе-Будейовице (Чехословакия)



## ВЗВОЛНОВАННЫЙ РАЗГОВОР О РОДНОЙ ПРИРОДЕ

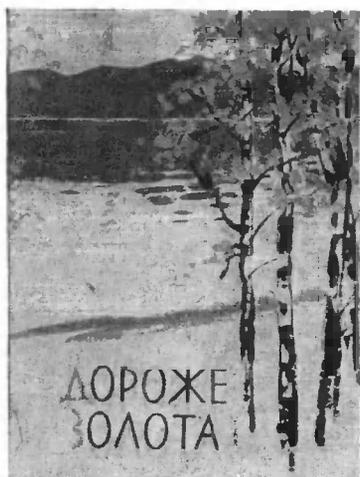
ДОРОЖЕ ЗОЛОТА.  
ПРИРОДА — НАШЕ  
БОГАТСТВО

Государственное изд-во  
географической литературы, 1962,  
240 стр., ц. 62 коп.

Ученые, писатели, поэты, юристы, общественные деятели на страницах этой книги говорят о том, что волнует каждого, что «дороже золота» — о красоте окружающей нас природы, о бережном и рациональном использовании ее богатств. Основная идея книги заключается в том, что при разумном ведении хозяйства можно получить от природы значительно больше богатств на благо человека, чем в настоящее время. При этом красота природного ландшафта вполне может быть сохранена, а культурный ландшафт должен быть по-своему прекрасен. В статье Ф. Н. Петрова, открывающей сборник, приведены интересные ленинские мысли из этой области, рассказано о первых шагах Советской власти на пути к рациональному использованию природы и ее охраны. В наши дни эта важная проблема нашла отражение в Программе КПСС, в Законах об охране природы союзных республик.

В книге затронута лишь часть вопросов этой неособьятной темы, в основном в ней говорится о русской природе.

Читатель знакомится с «Мыс-



лями о родной природе» Л. Леонова, со статьей П. В. Васильева «Под зеленым пологом», со стихотворением Р. Казаковой «Тайга» и другими материалами. Лес — это огромное богатство. Из кубометра сосны, например, можно получить 70 л спирта, а из кубометра ели — 250 кг бумаги или 1500 м вискозного шелка. Только в одних лесах Дальнего Востока можно ежегодно собирать до 200 тыс. т орехов и 600 тыс. т ягод. Но не только как источник ценного сырья и продовольственная кладовая ценны для нас леса. Велико их эстетическое значение, благотворно влияние на здоровье человека.

Ошибочны взгляды, что ресурсы морей неисчерпаемы, говорит Л. А. Зенкевич. Их сле-

дует использовать планомерно, на строго научной основе. Из-за хаотического лова исчезли, например, киты в Баренцовом море, еще в прошлом столетии в морях Дальнего Востока уничтожена морская корова. С другой стороны, многие дары моря (водоросли, морские беспозвоночные — моллюски и ракообразные, планктон) еще не привлекают должного внимания.

Велика роль человека в создании условий для сохранения диких животных и роста их численности. Ведь даже дикие копытные при правильной организации промысла могут приносить большую пользу. Например сайгаки, которые были почти уничтожены, теперь снова большими стадами пасутся на просторах Казахских степей. Сохраняя численность их поголовья, пишет А. Г. Банников, наша страна ежегодно получает от планового отстрела этих животных столько мяса и кож, сколько дают 150—200 крупных животноводческих совхозов. Поучительна в этом отношении и история сохранения соболя. Словом, наша природа таит в себе еще множество возможностей, если правильно эксплуатировать ее богатства. Интересны приведенные в книге данные об озерах и реках, почвах и других естественных ресурсах.

Однако, как это ни печально, к природе относятся не всегда бережно. «И природе нужен бух-

галтер», — назвали свою статью И. П. Герасимов и Д. Л. Армайд. Они показывают, как научный и комплексный подход позволяет наиболее продуктивно использовать природные богатства. Следует разумно разрабатывать недра земли, пишет Д. И. Щербаков. Сейчас извлекается только 60—70% полезных ископаемых, а нефти — 40%. В течение многих лет в горах Каратау из руд добывали лишь свинец, выбрасывая в отвал его постоянный спутник — цинк. Ценные вещества терялись при добыче меди из уральских колчеданных руд (свинец, цинк, сера и др.). Есть и другие моменты в жизни природы, за которыми мы должны следить. Такова, в частности, эрозия, о вреде которой напоминают Д. Л. Армайд, И. В. Тюрин, С. С. Соболев. Из-за нее в Поволжье некоторые колхозы за последние 30 лет потеряли около 10% пахотных земель. В СССР овраги поглотили площадь, равную территории Московской области. Велик вред и от вторичного засоления, которому подвержено около трети орошаемых земель Закавказья и Средней Азии. Сброс сточных вод портит наши реки, губит рыбу,

делает воду непригодной для питья.

О том, что в результате неумелого хозяйствования гибнет красота природы, с возмущением говорят многие авторы книги. «А мне наплевать, что березки стоят как невесты, мне одно: сколько кубов древесины я с них возьму», — приводит слова одного хозяйственника писатель В. Сафронов. О результатах подобной узко утилитарной деятельности пишет К. Паустовский: «Заготовители беспощадно рвут, кромсают, уродуют взрывами берега Оки на всем ее протяжении от Алексина до Серпухова.... Взрывы засоряют реку, глушат рыбу, превращают некогда великолепные берега Оки в горы перерытой земли». Нельзя с этим мириться, заявляют писатели. Но можно ли сохранить красоту ландшафта, получая от природы максимальную пользу? Да, можно, говорят ученые.

Многое уже делается в нашей стране для рационального использования природных ресурсов и для охраны природы. Ведется борьба с эрозией и засолением, орошаются и обводняются пустыни, строятся водохранилища,

восстанавливается численность ценных животных, «переселяются» рыбы из одного водоема в другой, разрабатываются проекты перевода части поверхностного стока в подземный и т. д.

Но во всех существующих проектах речь идет об отдельных сторонах жизни природы. Разработанной научной теории, указывающей, как надо комплексно вести хозяйство в таежных равнинах, в лесистых горах, в степных овражных районах и т. д., у нас еще нет. Эта теория, очевидно, должна учитывать связь между отдельными частями ландшафта, найти такой путь, чтобы и ресурсы полностью использовались, и богатства умножались, и человек дышал чистым воздухом, жил в здоровых условиях, и, наконец, чтобы красота природы сохранялась.

Невозможно осветить все содержание интересно задуманной и хорошо выполненной книги. Первое совместное выступление писателей и ученых в защиту природы оказалось удачным. Превосходны фотографии ландшафтов.

*А. И. Перельман*

*Москва*

## КНИГА О ВЕЛИКОМ НАУЧНОМ СОДРУЖЕСТВЕ

**Б. И. Силкин,  
В. А. Троицкая,  
Н. В. Шебалин**

**НАША НЕЗНАКОМАЯ  
ПЛАНЕТА**

Итоги Международного Геофизического Года, Изд-во АН СССР, 296 стр. ц. 1 р. 25 к.

МГГ — эти три буквы стали широко известны миллионам людей. В 1957—1959 гг. эти буквы часто повторялись в сообщениях о замечательных достижениях нашей науки. Рядом со словом

«спутник» стояли эти же три буквы. И когда читатель с интересом узнавал о новых открытиях, сделанных в далекой Антарктиде, где наши ученые раскрывали тайны загадочного материка, он снова видел три буквы: МГГ.

Международный Геофизический Год стал символом неизвестного до сих пор примера тесного сотрудничества многих стран мира во имя науки. В течение полутора лет ученые 67 стран проводили наблюдения по общей программе. В газетах и по радио,

в журналах научных и художественно-литературных много писали о людях и их открытиях, о примерах героизма и о скромных буднях. Выходили книжки тонкие и толстые, скучные и интересные, написанные со знанием дела и без такого знания. Если собрать воедино все, что было написано за последние годы о Международном Геофизическом Гode, то, несомненно, получилась бы огромная библиотека. Но я беру на себя смелость заявить, что, несмотря на обилие

книг и статей, массовый читатель все же очень плохо представляет себе, что в целом было сделано учеными за тридцать месяцев МГГ. Наконец, в этом году Издательство Академии наук СССР выпустило книгу Б. И. Силкина, В. А. Троицкой и Н. В. Шебалина об итогах МГГ — «Наша незнакомая планета». Рассчитана эта книга на широкий круг читателей. В ней не найти математических формул или сложных терминов, которые так пугают непосвященного человека.

«Наша незнакомая планета» написана простым языком и рассказывает об очень интересных вещах. С первых страниц вы узнаете интересные факты из истории изучения нашей планеты. О том, как были сделаны первые попытки совместного научного международного сотрудничества — о Первом и Втором Международном полярном годе и о том, наконец, как ученые договорились начать в 1957 г. Международный Геофизический Год.

Авторы книги увлекательно рассказывают об исследованиях в Северном Ледовитом океане и в стране вечного льда — Антарктиде. Здесь мне хочется упомянуть об одной цитате, которую часто приводят в книгах, посвященных Антарктиде. Я имею в виду известное высказывание знаменитого американского полярника адмирала Ричарда Бэрда. Оно начинается красочными словами о том, что «...на краю нашей планеты лежит, подобно бледной заколованной спящей принцессе, закованная в голубое, земля». И в конце: «Внутренние области ее (Антарктиды.— А. К.) нам фактически известны меньше, чем освещенная (курсив мой.— А. К.) поверхность Луны». Всем очень нравится это красочное сравнение, хотя фраза по существу своему нелепа. Ведь вся поверхность Луны последовательно освещается и та, которую мы видим, и та,



которая нам была невидима до момента, когда ее сфотографировала советская космическая станция. Возможно, что Берд имел в виду обратную к нам сторону Луны. Но это останется тайной, так как адмирал умер, а его слова гуляют из одной книги в другую. Не избежала этой участи и «Наша незнакомая планета», где крылатая цитата служит эпиграфом к главе об Антарктиде. Но если оставить в стороне эту нечетко выраженную в эпиграфе мысль, то в самой главе интересно рассказано о трудностях, с которыми сталкиваются исследователи Антарктиды, об их буднях и праздниках, об открытиях и достижениях, о дружбе между учеными разных стран.

Из следующего раздела книги читатель почерпнет сведения о значительных научных результатах, полученных советскими метеорологами. Не без удивления он узнает о том, что летом в Антарктиде на единицу поверхности приходится солнечного тепла больше, чем на экваторе. И если вы захотите понять, почему же в Антарктиде холодно, а на экваторе тепло, то вам придется раскрыть книгу и прочесть главу о метеорологии. В такой же степени увлекательно рассказано об океанологии, о тех выводах, к которым пришли ученые, изучая

морья и океаны нашей планеты. Рассматривая фотографии таинственных следов, оставленных на морском дне неизвестными науке существами, читатель с интересом узнает, что на дне самых глубоких морских впадин обнаружена жизнь.

В главе, посвященной гляциологии — науке, изучающей ледники, рассказано о том, что же такое Антарктида — материк или архипелаг островов, покрытый гигантским ледниковым панцирем. Читатель узнает, что случилось бы с нашей планетой, если бы льды Антарктиды стали стремительно таять. А перевернув страницу, он начнет читать взволнованный рассказ о том, что происходит в недрах нашей планеты, о колебании земной коры, о землетрясениях и том, как эти землетрясения, которые так часто несут разрушение и беды, помогают ученым установить строение планеты.

Все мы знаем о приливах и отливах в морях, а вот о том, что земля, по которой мы ходим, дважды в сутки подымается и опускается почти на полметра, многие из нас не подозревают. Как все это было обнаружено и какие скрупулезные измерения необходимо было для этого произвести, читатель прочтет в главе, посвященной гравиметрии и геодезии. Здесь же он узнает о тех далеких временах, когда Северный полюс находился в центре Тихого океана...

С каждой страницей вопросы, которых касаются авторы, становятся все более сложными, и когда в разделе «Солнце — Земля» авторы посвящают читателя в проблемы взаимодействия Солнца с электромагнитными явлениями на Земле, то убеждаешься, насколько глубоко они все это понимают. Только хорошо зная эти вопросы, можно так четко, просто и понятно рассказать о весьма непростых вещах. Надо сказать, что вообще авторы этой

книги, не боясь трудностей популяризации, терпеливо и внимательно объясняют непосвященному читателю явления, протекающие, скажем, в магнитном поле Земли или при термоядерных процессах на Солнце.

Мы живем в эпоху, когда человек вышел в Космос, когда космические корабли, оснащенные самыми совершенными приборами, пролетев миллионы километров, информируют нас о том, что происходит в космическом пространстве. Данные этих наблюдений не отвлечены, они тесно связаны с практической жизнью человека на Земле. Обо всем этом и рассказывается в главах, посвященных изучению по-

лярных сияний, ионосферы, космических лучей и других физических явлений.

Книга «Наша незнакомая планета» читается с большим интересом, особенно потому, что в ней отражены достижения ученых всех стран мира, работавших не разобщенно, а согласованно, по общей программе, по общему плану. Содружество ученых всего мира показало, каких замечательных открытий можно добиться, если человечество объединит свои силы и таланты, весь свой накопленный опыт научного исследования.

Широкий круг читателей давно ждал такой итоговой книги о результатах Международного

Геофизического Года, и мы с удовольствием приветствуем ее выход в свет, тем более, что написана книга талантливо и с большим знанием дела. Как и всякий труд, охватывающий широкий круг вопросов, «Наша незнакомая планета» не свободна от ряда неточностей и мелких ошибок, но это нисколько не умаляет ценности этого научно-популярного произведения, и мы будем надеяться, что его недостатки исчезнут в последующих изданиях, которые, несомненно, скоро появятся.

*А. П. Капца*  
Кандидат географических наук  
Москва

## ПОПУЛЯРНАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ГЕОЛОГИИ И ГЕОГРАФИИ

В 1961 г. Издательство «Знание» начало выпускать серию брошюр «Геология и география». С тех пор прошло два года. Издано немало интересных книг. О чем только не поведали они любознательным читателям! И о происхождении материков и океанов, и внутреннем строении Земли, и о связи физической географии с народным хозяйством. Какие новые книги из этой серии будут выпущены в 1963 г.?

Геология и география — науки путешественников и мечтателей — все теснее связывают свою судьбу с народным хозяйством, с практическими задачами построения коммунизма. Создание промышленных баз и преобразование пустынь, использование минералов для удобрения полей, разработка сибирской нефти, исследование атмосферы, изучение жизни на дне океанов, геологические работы под водой и климат далеких эпох — обо всем этом узнает читатель в наступающем новом году. Отдельные брошюры рас-

скажут и о зарубежных странах.

Книга М. Ф. Грина «Клады «старых» районов» расскажет о сокровищах, по которым мы буквально ходим. Советские геологи открыли в Европейской России колоссальные запасы сырьевых ресурсов: нефти, газа, железных руд, угля, минеральных солей, и, что особенно важно, эти подземные клады находятся «под боком» у крупнейших промышленных центров. Читатель познакомится с тем, как в послевоенные годы были обнаружены эти ресурсы, как на их базе создаются промышленно-экономические комплексы.

Брошюра Т. В. Звонковой «Пустыня оживает» повествует о наступлении советских людей на ранее безжизненные пространства, о том, как близ месторождений полезных ископаемых, скрытых в ее недрах, возводятся новые города, а в зонах каналов появляются новые сельскохозяйственные районы.

Читателям, которые хотят по-

лучить сведения о возникновении озер, о жизни в них и о многом другом, мы советуем прочесть брошюру доктора географических наук Б. Б. Богословского «Загадки озер». В этих замкнутых, чаще всего спокойных водоемах, происходят порой необычные, на первый взгляд, загадочные явления. Так, в некоторых из них верхние слои воды пресные, а глубинные соленые; в одних вода круглый год горячая, в других, наоборот, ниже нуля. Есть озера, из которых вода периодически исчезает и неожиданно появляется вновь.

Из работы доктора географических наук В. Н. Степанова «Дыхание планеты» читатель узнает о круговороте тепла, влаги, газов, минеральных веществ и об их влиянии на формирование физико-географических условий нашей планеты.

Наши представления о Земле и даже о ее сравнительно тонкой поверхностной оболочке очень схематичны. Достоверные сведе-

ния о вещественном составе земной коры могут быть получены при непосредственном проникании в глубинные недра. Сегодня это может быть осуществлено только при помощи сверхглубинных скважин, в местах, где земная кора имеет наименьшую мощность. Обо всем этом рассказывает брошюра Л. А. Лачиняна «В глубины Земли».

О том, как ищут, добывают природные удобрения, можно узнать из книги доктора геолого-минералогических наук Б. М. Гиммельфарба «Природные источники удобрений».

Не без интереса будет прочи-

тана и брошюра «Подводная геология», на страницах которой рассказывается о проблемах изучения геологии дна океанов и морей, о возможностях проникания в глубины океана, о работе геологов под водой и о будущем одной из самых молодых наук — подводной геологии.

Рекой братских стран стал Дунай. Сегодня разрабатываются планы комплексного использования Дуная для судоходства, электроэнергетики, орошения и водоснабжения. Об этом повествует брошюра кандидата географических наук В. П. Максаковского.

На страницах газет и журна-

лов всего мира все чаще встречаются упоминания о Бразилии. Этой интереснейшей стране посвящена брошюра Б. Ш. Заброва «Бразилия». В ней рассказывается о национально-освободительной борьбе народа, о его славных революционных традициях. Значительное место уделено описанию природы этой страны. Из этой же серии книг читатель узнает и о государствах, совсем недавно появившихся на политической карте мира, таких как Тринидад и Табаго.

*К. Ф. Петров*

*Москва*

## ПУТЕШЕСТВИЯ НАТУРАЛИСТА

**А. И. Куренцов**

### В УБЕЖИЩАХ УССУРИЙСКИХ РЕЛИКТОВ

Приморское книжное издательство. Владивосток, 1962, 182 стр., ц. 40 коп.

Богата и своеобразна природа гор юга Дальнего Востока. Разнообразие и существование северных и южных видов характерно здесь как для лесов, так и для альпийских ландшафтов. Особенно четко это прослеживается на южном Сихотэ-Алине, где высоко в горах, в истоках рек есть ландшафты, как бы повторяющие климат отдельных геологических эпох. В таких местах животный мир богат реликтовыми видами. О своих наблюдениях и встречах с реликтовыми животными и рассказывает автор книги — большой знаток и любитель природы, более 35 лет изучающий животный мир Дальнего Востока.

Девять рассказов о научных маршрутах в горах Сихотэ-Алиня объединены одной общей идеей и переносят читателя в своеобразный и необычный мир флоры и фауны. Путешествуя вместе

с автором по его маршруту, почувствуя с ним у костра, читатель переживает трудности горных и лесных переходов, радуется новым открытиям. Особенно удался рассказ «В щехах» реки Сицы — о местообитаниях и повадках дальневосточной серны — горала, бабочки-перломутровки и уссурийского скального кузнечика. Большой интерес вызывает рассказ «Радости натуралиста», где описывается святающийся мох, реликтовый безлегочный тритон и ряд бабочек, образно передано движение каменной осыпи на склоне горы Хаулазы.

Красочна картина осени в расщелине «В верховьях Имана». Здесь автор говорит о горделивых дальневосточных оленях — изюбрах, об осенней миграции голубых сорок и травяных лягушек. Лягушки спускаются с гор к местам своих зимовок в водосемы и, если их путь пересекает шоссе, сотнями гибнут под колесами автомашин. Суточные вертикальные миграции бабочек, повадки козодоя, совки-сплюшки, чешуйчатого крохалея, бурого и черного медведей, образ жизни сеноставок

и еще много других интересных наблюдений излагается в этой книге.

Надо, однако, отметить, что широкому читателю непонятны некоторые термины, такие, как например — «стадия протономы». Будучи энтомологом, автор увлекается и часто сообщает списки насекомых и другие подробности, которые могут быть полностью оценены только узкими специалистами, а для непосвященного читателя и даже естествознателя широкого профиля скучноваты. Очень жаль, что на таблице между страницами 110 и 111 рядом с гигантским реликтовым дровосеком, изображенным в естественную величину, помещены рисунки реликтового таракана и жужелицы Дьяконова, увеличенные в несколько раз, что мешает наглядности изображения. Но все это только частные замечания, а в целом выход в свет третьей книги о путешествиях А. И. Куренцова следует всячески приветствовать.

*В. В. Никольская*  
Институт географии АН СССР  
(Москва)

## БАКТЕРИИ И УРОЖАЙ

Читатель И. П. Александров (Иркутск) интересуется фиксацией азота и микроорганизмами, деятельностью которых объясняется это явление. На этот вопрос отвечает Т. А. Калининская (Институт микробиологии АН СССР, Москва).

Азотособирающие, или, как их чаще называют, азотфиксирующие бактерии, имеют большое значение в сельскохозяйственной практике. В отличие от всех остальных представителей растительного и животного мира, они обладают замечательной способностью усваивать газообразный азот из воздуха. Благодаря этой особенности они не только не нуждаются в присутствии каких-нибудь других соединений азота в окружающей среде, но и способны обогащать ими почву за счет азота атмосферы.

Существуют две основные группы азотфиксирующих микроорганизмов. Первая из них — это так называемые симбиотические азотфиксаторы, к которым относятся клубеньковые бактерии, развивающиеся в клубеньках на корнях бобовых растений. Ко второй группе относятся свободноживущие бактерии, которые развиваются и связывают атмосферный азот непосредственно в самой почве.

Впервые существование таких бактерий было обнаружено нашим соотечественником, выдающимся микробиологом С. Н. Виноградским. Еще в 1893 г. он открыл и изучил азотфиксирующий микроорганизм, названный им *Clostridium pasteurianum*. Этот микроорганизм относится к группе маслянокислых бактерий и широко

распространен в природе — встречается практически во всех типах почв. Другой свободноживущий азотфиксатор — азотобактер — был выделен из почвы голландским микробиологом М. Бейеринком в 1901 г. Кроме этих азотфиксирующих бактерий, существует еще ряд микроорганизмов, которые также участвуют в процессе фиксации атмосферного азота в почве и водоемах.

С момента обнаружения в почве свободноживущих азотфиксаторов интерес к изучению этой важной группы почвенных микроорганизмов не ослабевал. Большой вклад в этот раздел науки был сделан работами ряда русских и советских микробиологов (С. Н. Виноградского, М. С. Воронина, В. Л. Омелянского, С. П. Костычева, М. В. Федорова и многих др.).

В настоящее время хорошо изучено распространение азотфиксирующих микроорганизмов в почвах разного типа и выяснены условия, необходимые для их развития и осуществления ими процесса связывания молекулярного азота. Большое значение имеет вопрос об обеспечении этих микроорганизмов необходимым углеродным питанием. Дело в том, что усвоение атмосферного азота бактериями всегда сопровождается одновременно идущим окислением безазотистых органических веществ типа углеводов, органических кислот и т. п. Для связывания 1 кг азота биологическим путем необходимо израсходовать около 100 кг углеводов.

Основным поставщиком безазотистых органических веществ на Земле служат растения. Почвенные азотфиксирующие бактерии в качестве основного источника углеродного питания используют либо корневые выделения

растений, либо отмершие растительные остатки. Количество органического вещества, которое могут дать растения, довольно велико. Однако основной углевод, содержащийся в растениях — клетчатка (целлюлоза) — не может усваиваться непосредственно азотфиксирующими бактериями. Она должна быть прежде переработана другими группами бактерий в более простые вещества, которые могут служить пищей для азотфиксаторов. Поэтому большое значение имеют способы внесения в почву органических и заделки зеленых удобрений. Эти агротехнические мероприятия должны проводиться так, чтобы обеспечить самые благоприятные условия для развития наиболее важных и полезных групп почвенных микроорганизмов и в то же время не вызвать торможения роста вышних растений. Эти вопросы изучаются многими советскими микробиологами.

В настоящее время считается, что благодаря деятельности свободно живущих азотфиксирующих микроорганизмов в почве за год фиксируется от 10 до 50 кг азота на 1 га. Изыскание путей и способов интенсификации деятельности азотфиксирующих бактерий в почве представляет собой одну из важных проблем в изучении биологической фиксации азота атмосферы.

Более подробные сведения можно получить в книгах М. В. Федорова «Биологическая фиксация азота атмосферы», Е. Н. Мишустина «Микроорганизмы и плодородие почвы», а также в Большой Советской Энциклопедии, в статьях «Азотобактер», «Азотфиксация», «Азот в растениях», «Клубеньковые бактерии».

## СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

Смену времен года в их контрастном и наиболее полном выражении можно почувствовать только в средних широтах. И не в этом ли сезонном разнообразии прелесть нашей природы, воспетая поэтами и художниками?

В тропиках и субтропиках вечное «лето» и разница между сезонами сводится к смене засушливых и дождливых периодов. В Заполярье — это смена дня и ночи, а короткое лето сохраняет льды и снега. И только в умеренном поясе мы наблюдаем все разнообразие годового цикла: от знойного июля с красочной растительностью до белого безмолвия искрящихся снегом бескрайних полей и лесов.

Январь и февраль — основные зимние месяцы северного полушария. Январь — «злыдень» — самый холодный, а февраль — «кривые дорожки» — самый многоснежный месяц зимы. Действительно, — солнечные дни, ослепительная белизна скрипящего под ногами снега, вьюжный февраль, заметающий сплошной пушистой пеленой дороги и постройки, фосфорическое мерцание в лунном свете бескрайних снежных просторов и трескучий мороз — таковы картины русской зимы. В народной поговорке «Солнце на лето — зима на мороз» верно схвачена одна из характерных особенностей зимнего сезона. Но редко кто задумывается: почему мы так говорим? Почему территория материка все глубже промерзает, а пушистая снежная шапка приполярных областей продолжает расти и к середине зимы достигает своей максимальной величины, спускаясь почти до сороковой параллели, а в горах и значительно южнее?

Радиационный баланс земной поверхности определяется не только приходом солнечного тепла и света, но и его расходом. С установлением снежного покрова расход резко увеличивается: белая снежная поверхность

обладает огромной отражательной способностью (альbedo) и отбрасывает до 90% поступающей энергии. В этом-то и следует искать причину «выхолаживания» территории зимой. Громадное количество тепла не усваивается землей, а уходит от снежного покрова, как от гигантского зеркала, чтобы бесследно исчезнуть в космических просторах. Охлаждающее действие снежных районов определяет температурный режим воздушных масс, участвующих в формировании климата планеты. Известно, что за полярным кругом во время круглосуточного полярного дня в июне суммарная солнечная радиация составляет около 12—14 ккал на см<sup>2</sup> в месяц (тогда, как на экваторе за весь июнь 1 см<sup>2</sup> поверхности получает 11—12 ккал). В полярных широтах все это тепло расходуется на таяние огромных масс снега и льда. Поэтому температура воздуха остается здесь невысокой.

Огромное влияние снежного покрова на природные процессы объясняется не только нарушением непосредственного теплообмена между атмосферой и подстилающей поверхностью, но также и перераспределением водного стока по сезонам, что связано с аккумуляцией громадных запасов атмосферной влаги в снеге.

Насколько велика роль снежного покрова в формировании географической оболочки нашей планеты в целом, хорошо можно себе представить по таким примерам. Предположим, что за всю зиму не будет ни одного снегопада. Тогда большая часть поступающей на Землю лучистой энергии будет поглощена подстилающей поверхностью. Радикально изменится не только климат, но и основные ландшафты и даже контуры океанов и материков. Лишившись источника питания, гигантские снежно-ледяные шапки, покрывающие круглый год Антарктиду и Гренландию, также исчезнут, и поднимется уровень Мирового океана, будут затоплены прибрежные низменности.

И, наоборот, при неограниченном расширении снежного покрова весь земной шар окажется закопанным в снежно-ледяной панцирь. Процент поглощаемой энергии уменьшится, температура воздуха резко снизится и опустится на десятки градусов ниже нуля.

Таким образом, изменение режима снежного покрова — один из путей преобразования природы нашей планеты.

Участие снежного покрова в процессах теплообмена и гидрологическом режиме территории определяет природные особенности умеренной зоны и используется человеком в пародном хозяйстве.

Снежный покров не только охлаждает приземные слои воздуха, но и защищает землю от глубокого промерзания, сохраняя и животных от гибели при сильных морозах. Влага, содержащаяся в снеге, пополняет запасы грунтовых вод и питает реки весной.

Но снег — не только благоприятный природный фактор в хозяйственной деятельности человека. Значительный ущерб народному хозяйству причиняют такие явления, как снежные заносы дорог и железнодорожных путей, горные лавины и снежные обвалы, смыв плодородных почв тальными водами, бурные половодья после многоснежной зимы, вымокание и вымерзание сельскохозяйственных культур...

Поэтому особенно большое значение приобретает научная система мероприятий рационального использования снежного покрова в различных природных зонах Советского Союза. В этом отношении уже немало сделано. В настоящее время составляются прогнозы лавинной опасности и весеннего половодья, производится оценка водозапаса, необходима для сельского хозяйства, и т. д.

Мы уже научились частично использовать полезные свойства снега и бороться с его вредными воздействиями. Широкое применение

ние снегозадержания на полях в районах недостаточного увлажнения степной и лесостепной зоны существенно повышает урожай. Снег используется как дешевый и удобный материал для проведения снежно-ледяных дорог в труднодоступных малоосвоенных районах, устройства зимних аэродромов. Циты разных конструкций и искусственные лесопосадки защищают шоссе и железные дороги от заносов, а специальные лавинорезы нейтрализуют разрушающее действие лавин.

Однако все перечисленные мероприятия носят местный характер, основываются на перераспределении снега в пределах ограниченной территории.

Перед наукой стоят сейчас новые и сложные задачи преобразования природы крупных регионов путем изменения общего водно-теплового баланса и наиболее важной его составляющей — снежного покрова. В частности, разработка методов увеличения твердых атмосферных осадков служит необходимым звеном при решении таких крупных народнохозяйственных проблем, как обводнение южных засушливых районов или «утепление» вечной мерзлоты грунтов и смягчение сурового климата Восточной Сибири.

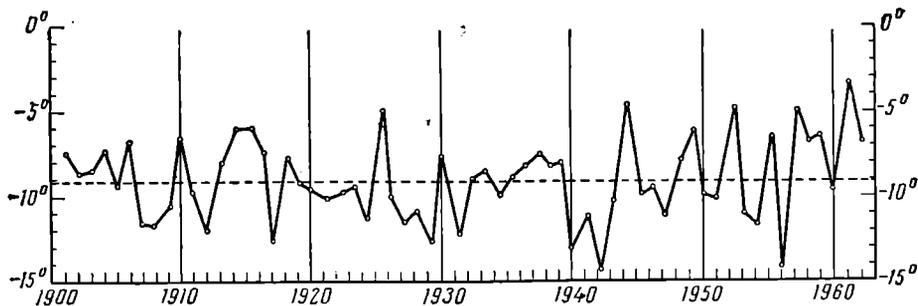
Предстоит большая работа по дальнейшему изучению снежного покрова, более полному и рациональному использованию его в народном хозяйстве.

*Е. А. Нефедьева*  
Москва

## ПОЛОСА ТЕПЛЫХ ЗИМ

За последние годы во многих странах Европы наблюдались теплые зимы. Особенно выделяется зима 1960—1961 г. в средней и северной частях Европейской территории СССР. Это была самая теплая зима за весь период инструментальных наблюдений, т. е. более чем за 200 лет.

В Москве, например, температура зимних месяцев за последние 80 лет в среднем многолетнем составила  $-9,2^{\circ}$ . За пятилетие 1957—1961 гг. она равна всего лишь  $-5,7^{\circ}$ , т. е. соответствовала средней температуре зи-



Ход средних температур зимних месяцев в Москве с 1901 по 1962 г. Прерывистой прямой показана средняя многолетняя температура за весь период

мы, характерной для центральных частей Украины. Холоднее всего зимы были в 1891—1900 гг.; их средняя температура составила  $-10,5^{\circ}$ .

В рекордно теплую зиму Подмосковья 1960—1961 г. средняя температура в Москве была  $-2,9^{\circ}$  и оказалась равной средней температуре зимы курортных мест северного Кавказа — Кисловодска, Железноводска или в Орджоникидзе. Нельзя не упомянуть, что и в прошлом столетии тоже наблюдались необычно теплые зимы. Например, зима 1821—1822 г. близкая по температуре к зиме 1961—1962 г.

Наиболее суровые зимы (см. график) наблюдались в 1942 и 1956 гг. ( $-14,3^{\circ}$  и  $-14,1^{\circ}$ ) и соответствовали в среднем обычной зиме в районе Перми.

В период с 1932 по 1939 г. зимы были очень ровными, но за последние два десятилетия они характеризуются резкими колебаниями, причем на территории Европы и Европейской части Союза ССР выделяется ряд более теплых зим. И если в десятилетие 1921—1930 гг. средняя температура зим в Москве составила  $-9,2^{\circ}$  (т. е. равна средней многолетней «норме»), то за последнее десятилетие (1953—1962 гг.) она оказалась равной  $-7,7^{\circ}$ .

Вопреки широко распространенному мнению, что якобы мягкая зима сопровождается холодным летом, после теплых зим 1959—1960 г. и в особенности 1960—1961 г. летние месяцы в Подмосковье были значительно теплее обычных. Только в прошедшем году, за мягкую зимой на большом пространстве Европейской территории СССР раннюю и сравнительно теплую весну сменило исключительно прохладное, а в средней и северной полосах этой территории — и необыч-

но дождливое лето. За последние 80 лет, после 12 более мягких и наиболее теплых зим было 3 теплых и 11 нормальных по температуре лета. Только три летних сезона были холодные, причем после наиболее теплой зимы ни разу не наступало самого холодного лета, как это было, например, в 1904, 1923 и 1950 гг.

Полоса столь теплых и зачастую малоснежных зим последних лет вызвала в жизни животного и растительного мира целый ряд отклонений от нормального хода явлений, обычных для зимнего периода.

*А. П. Моисеев*  
Москва

## МЕТЕЛИ

Услышав в прогнозе погоды о том, что ожидается метель, мы все досадливо морщимся: опять крутящийся снег, захлестывающий глаза, забивающийся за воротник, образующий большие сугробы... Но метели не просто неприятны; при сильных ветрах они, порой, превращаются в настоящее стихийное бедствие, наносит серьезный ущерб железнодорожному и автомобильному транспорту, а иногда и сельскому хозяйству.

Метели всегда бывают при ветре. Но далеко не всегда ветер, даже сильный, сопровождается метелью. Это в значительной степени определяется не только силой ветра, но и всем комплексом погоды. Большую роль в метелевом переносе снега играет рельеф местности, растительность и состояние поверхности (шероховатость) снежного покрова. В сухие морозные периоды снег более подвержен разрушению и переметанию, в сырую погоду он не переносится даже очень сильными ветрами.

При отрицательных температурах и небольшой влажности воздуха метели могут быть повсеместно. По повторяемости метелей и их интенсивности территория СССР делится на ряд районов. Наибольшее число дней с метелями наблюдается в феврале и первой половине марта. К этому времени увеличивается частота сильных ветров, сохраняется отрицательная температура воздуха, а снежный покров достигает максимальной высоты. Наиболее часты метели на севере Западной Сибири и на крайнем северо-востоке Европейской части СССР, где зима сурова и продолжительна. Здесь за сезон в среднем больше ста дней с метелями. На юго-западе Европейской части СССР, в районах с непродолжительными зимами, метели бывают редко. Редки метели в районах с малоснежными, но суровыми зимами в Забайкалье, но их много в степных районах Северного Казахстана, Западной Сибири, а также в Заволжье. В сильно пересеченной Среднерусской и Приволжской возвышенностях количество дней с метелями в разных местах различно; в защищенных от ветра долинах метели наблюдаются реже.

Метельным переносом снега как природным явлением, вначале заинтересовались в целях борьбы со снежными заносами. Позднее метели стали изучать, имея в виду также задержание и накопление снега на сельскохозяйственных полях.

Каков же механизм образования метелей? Основной фактор, вызывающий отрыв снежных частиц от поверхности снежного покрова и перенос их на довольно большие расстояния—это сила ветра. Но скорость ветра непрерывно меняется; на разных уровнях от поверхности земли она также различна. Это и обуславливает «пульсации» в переносе снега, метель «крутит». Свежевыпавший снег недолго лежит спокойно. Первый же значительный ветер отрывает от рыхлой снежной поверхности отдельные части-

Таблица  
Количество снега, переносимого на разных уровнях

Случай метели	Высота слоя снеговетрового потока	Высота урвневной замеров, в см.	Скорость ветра в м/сек	Концентрация снежных частиц	Количество прогнозируемых частиц снега, в гр/сек
1	0—12	0—1,5	4,7	0,0958	0,36
		3—4,5	7,2	0,0476	0,27
		10—11,5	7,8	0,0238	0,15
2	0—5	0—1,5	6,5	0,0333	0,17
		3—4,5	11,1	0,0214	0,19

стицы и переносит их на новое место (низовая метель, или поземка). Если в то же время выпадает новый снег, то он подхватывается ветром вместе с лежалым, измельчается, и проделывает тот же сложный путь. Развивается верхняя или общая метель. В конце концов, переносимый снег задерживается у преград, откладываясь в выемках и оврагах, там, где ветер ослабевает и его действие сказывается меньше. Рыхлый, свежевыпавший снег начинает переноситься при скорости ветра над самой поверхностью в 2,4 м/сек, а иногда даже при 1,3 м/сек. Для отрыва и переноса частиц снега с более плотной и ровной поверхности снежного покрова нужна скорость ветра в 5 м/сек и больше.

Основная масса снега переносится в слое от 0 до 10 см. Мы провели измерения количества снега, переносимого на различных уровнях от поверхности снежного покрова во время метелей в Подмоскowie, на участках открытой местности и на плоских крышах промышленных зданий (на высоте 10—12 м). Температура воздуха была от —7 до —12 и —15°. Поверхность снежного покрова была ровной, из уплотненного снега. Снег переносился при скорости ветра от 4,5 до 10—12 м/сек. Длительность порывов составляла 4—5 мин. Во всех случаях наблюдалась поземка с заметным переносом снега в приземном слое (высотой от 0 до 10—15 см). Одновременно производились определения количества снега,

переносимого ветром на данном уровне и скорости ветра (см. таблицу). В первом случае во время метели скорость ветра с высотой увеличивалась, концентрация снежных частиц в снеговетровом потоке резко уменьшалась. Несмотря на увеличение скорости ветра с высотой, количество снега, переносимого ветром, уменьшилось. Во втором случае скорость ветра с высотой резко увеличивалась. И хотя концентрация частиц в снеговетровом потоке уменьшалась, общее количество переносимого ветром снега при этом возрастало.

Таким образом, при ветрах средней силы наибольшее количество снега переносится непосредственно по поверхности снежного покрова. С увеличением высоты уровня потока метели ветра увеличивается, а концентрация снежных частиц в потоке и весовое количество переносимого при этом снега уменьшается. При ветрах повышенной скорости увеличивается и весовое количество снега, переносимого на данном уровне. Интересно, что увеличение количества переносимого снега распространяется до определенной высоты снеговетрового потока. Затем на том же уровне резко падает и концентрация снежных частиц и весовое количество снега. Это, по-видимому, связано с тем, что не все и не всякие частицы снега в этом потоке могут преодолеть границу между слоями малой и большой скорости.

Изучение метельных процессов позволит использовать это явление в целях регулирования распределения снежного покрова.

Н. И. Орлов

Москва

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. К 5-60-28, Б 8-06-72**

Подписано к печати 5/11-1963 г.

Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Печ. л. 8+2 вкл.

Уч.-изд. л. 13,39

Т-00961

Бум. л. 4

Тираж 20 000 экз.

Заказ 1442

Индекс  
70707

70 коп.



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР