



1 1977 **ЗЕМЛЯ**
И
ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



19 декабря 1976 года исполнилось 70 лет Генеральному секретарю Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза Леониду Ильичу Брежневу. В его огромной и многогранной деятельности, которая снискала любовь

и заслуживает высокую оценку народов нашей страны и многих миллионов людей других стран, значительное внимание всегда уделялось дальнейшему развитию советской науки и, в частности, исследованиям космического пространства.

Этот снимок, уже ставший достоянием истории, был сделан 14 апреля 1961 года в Георгиевском зале Кремля. Л. И. Брежнев вручает первому космонавту планеты Ю. А. Гагарину орден Ленина и медаль «Золотая Звезда»

Фото В. Савостьянова

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР
Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука»
Москва

1 ЯНВАРЬ
ФЕВРАЛЬ
1977

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

А. Н. Чарахчян — Космические лучи в стратосфере	4
В. С. Соболев — Метаморфические горные породы и фации	11
Л. С. Тарасов, А. Т. Базилевский — Реголит из Моря Кризисов	18
Н. Н. Крупенин — Грунт и ландшафт Венеры	24
Н. И. Шакура — Рентгеновские пульсары	29
А. В. Засов — Магелланов поток	36
А. Г. Белевитин, В. М. Назаров — Геодезическая юстировка РАТАНа-600	42
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ	
Д. Я. Мартынов — XVI съезд Международного астрономического союза	50
XXIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС	
Б. С. Залогин — Международный форум географов	58
И. П. Герасимов — Научно-техническая революция и советская география	62
В. В. Анненков — География и географические конгрессы	70
ЭКСПЕДИЦИИ	
В. Г. Нейман — 22-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Курчатов»	75
АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	
В. П. Васильев — Совершенствовать преподавание астрономии в школе	80
СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ	
Александр Александрович Блок	82
ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ	
М. М. Шемякин — V коллоквиум телескопостроителей	84
КОЛЬЦЕОБРАЗНОЕ СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ	
В. А. Бронштэн — На затмении в Сальяхнах	86
Любители астрономии наблюдают затмение	90
ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ	
И. И. Неяченко — Дракон	93
КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ	
С. Б. Абрамов — Луноходы на марках	94
НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
Полет «Союза-23» [3]; Лед на спутниках Юпитера [10]; Палеонтологическая находка в Арктике [17]; Исследование рентгеновской новой [23]; Наблюдения метеорного потока с борта самолета [28]; Задача двух тел переменной массы [41]; Гигантский метеорит [57]; Предсказание извержения [71]; «Черномор» в Болгарии [72]; Новые книги [95, 96].	



ПОЛЕТ «СОЮЗА-23»

14 октября 1976 года в 20 часов 40 минут московского времени в Советском Союзе осуществлен запуск транспортного космического корабля «Союз-23», пилотируемого экипажем в составе командира подполковника Вячеслава Дмитриевича Зудова и бортинженера подполковника-инженера Валерия Ильича Рождественского.

15 октября в 21 час 58 минут корабль «Союз-23» был переведен в режим автоматического сближения со станцией «Салют-5». Из-за нерасчетного режима работы системы управления сближением корабля стыковка со станцией «Салют-5» была отменена. 16 октября 1976 года после окончания запланированных работ на борту корабля «Союз-23» космонавты стали готовить корабль к спуску на Землю. В 20 часов 02 минуты московского времени была включена тормозная двигательная установка. По окончании работы двигателя произошло разделение отсеков корабля. Спускаемый аппарат перешел на траекторию снижения, и на высоте 7 км была введена в действие парашютная система. В 20 часов 46 минут московского времени спускаемый аппарат косми-



ческого корабля «Союз-23» совершил посадку в 195 км юго-западнее города Целинограда.

Спускаемый аппарат опустился на поверхность озера Тенгиз. Поисково-спасательный комплекс, включающий самолеты, вертолеты и плавсредства, в сложных условиях ночного времени и сильного снегопада обеспечил эвакуацию космонавтов и спускаемого аппарата.

На всех этапах полета и после посадки экипаж действовал уверенно, четко выполняя свои обязанности.

5 ноября 1976 года за осуществление орбитального полета на космическом корабле «Союз-23» и проявленные при этом мужество и героизм летчикам-космонавтам В. Д. Зудову и В. И. Рождественскому было

присвоено звание Героя Советского Союза с вручением ордена Ленина и медали «Золотая Звезда».

Научная станция «Салют-5», введенная на околоземную орбиту 22 июня 1976 года, продолжает полет. К 13 часам московского времени 22 ноября станция совершила 2455 оборотов вокруг Земли. В течение пяти месяцев станция находится в режиме управляемого полета с постоянной ориентацией на Землю.

В соответствии с программой работ на борту станции в автоматическом режиме полета проводились съемка земной поверхности и научные эксперименты с помощью инфракрасного телескопа-спектрометра. При этом исследовалось инфракрасное излучение Земли и Луны. Продолжаются технические эксперименты и испытания бортовых систем станции при различных режимах их работы. Бортовые системы, оборудование и научная аппаратура станции функционируют нормально.

■
Председатель Президиума Верховного Совета СССР Н. В. Подгорный 1 октября 1976 года вручил в Кремле высокие награды Родины советским космонавтам Б. В. Волинову, В. М. Жолобову, В. Ф. Быковскому и В. В. Аксенову. На снимке слева направо: Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР В. В. Аксенов, дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР В. Ф. Быковский, Председатель Президиума Верховного Совета СССР Н. В. Подгорный, дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР В. А. Шаталов, дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР Б. В. Волинов, Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР В. М. Жолобов

Фотохроника ТАСС

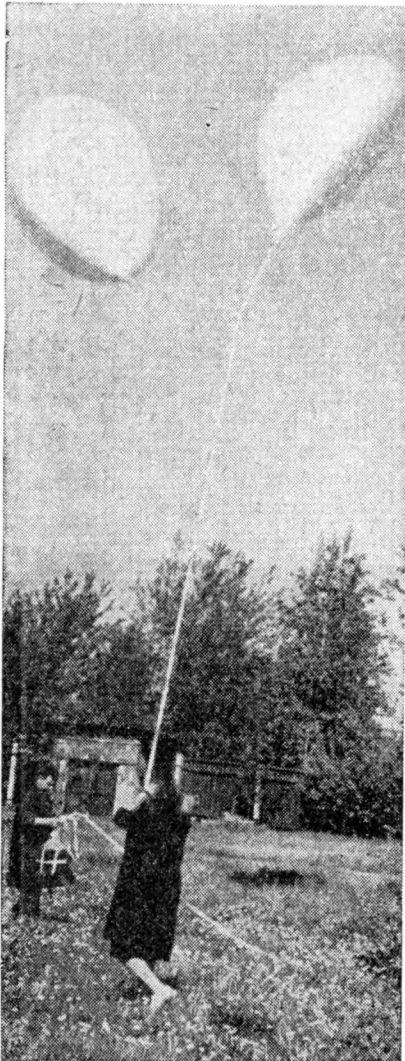
■
Экипаж космического корабля «Союз-23»: командир корабля В. Д. Зудов (справа) и бортинженер В. И. Рождественский

Фотохроника ТАСС

Доктор физико-математических наук
А. Н. ЧАРАХЧЬЯН



Космические лучи в стратосфере



В 1957 году были начаты систематические запуски радиозондов космических лучей в стратосферу. С тех пор состоялось около 30 тыс. запусков радиозондов, которые передали немало ценной научной информации. Создатель этого прибора А. Н. Чарахчьян, а также Г. А. Базилевская, Ю. И. Стожков и Т. Н. Чарахчьян были удостоены Ленинской премии 1976 года за стратосферные исследования вспышек космических лучей на Солнце и процессов солнечной модуляции галактических космических лучей. Об этих исследованиях рассказывает руководитель работ Агаси Назаретович Чарахчьян.

РАДИОЗОНД КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

В 1946 году Физический институт имени П. Н. Лебедева АН СССР организовал в городе Долгопрудном Научную станцию для изучения космических лучей в стратосфере. В 1946—1956 годах сотрудники этой станции и Научно-исследовательского института ядерной физики Московского государственного университета осуществили большую программу исследований космических лучей в стратосфере. Были получены основные данные о первичных космических лучах и о их ядерном взаимодействии с веществом. Руководитель этих исследований академик С. Н. Вернов был удостоен Государственной премии.

В 1956—1957 годах сотрудники Долгопрудненской научной станции

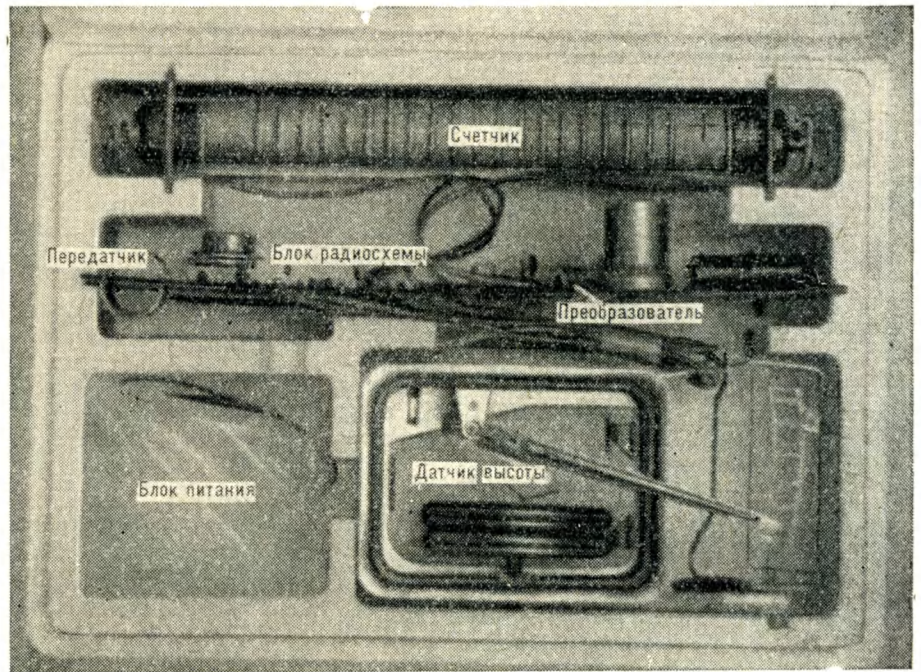
и Научно-исследовательского института ядерной физики разработали новую в мировой практике методику изучения космических лучей в стратосфере. Для этого был сконструирован легкий, простой в обращении и вместе с тем достаточно точный прибор — радиозонд космических лучей, который поднимается в стратосферу на одном или двух метеорологических шарах. Первоначально радиозонды изготовлялись в лаборатории. Масса их была около 2 кг. Сейчас они выпускаются заводом «Физприбор», сделаны на полупроводниках и весят 600—700 г. Детекторами числа частиц космических лучей в радиозондах служат газоразрядные счетчики, радиозонд снабжен также датчиком высоты и радиопередатчиком.

Радиозонды улавливают изменение потока космических лучей практически от поверхности Земли до высот 30—35 км. Что же происходит в атмосфере с первичными (галактическими) космическими лучами — ядрами водорода, гелия и более тяжелых элементов, ускоренными до релятивистских скоростей? Эти частицы имеют очень широкий диапазон энергий: от 10^6 эВ до фантастической величины 10^{20} эВ.

Войдя в стратосферу, первичные космические лучи взаимодействуют с атомными ядрами химических элементов, содержащихся в составе воздуха. В результате этого взаимодействия возникают новые элементарные частицы, дающие начало вторичным космическим лучам в земной атмосфере. На высотах 15—23 км поток космических лучей наибольший — это район переходного максимума. В при-

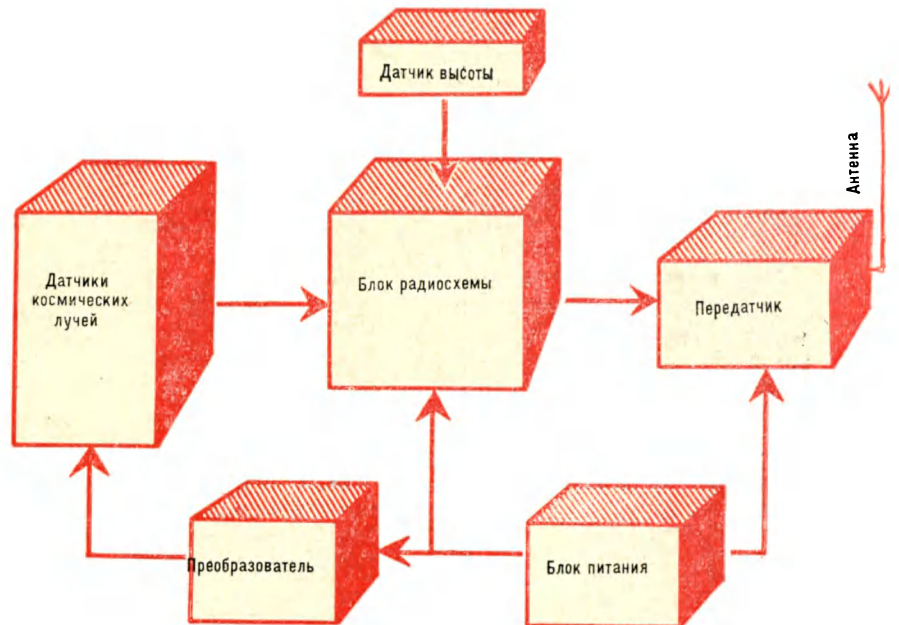
■
Подготовка к запуску радиозонда космических лучей

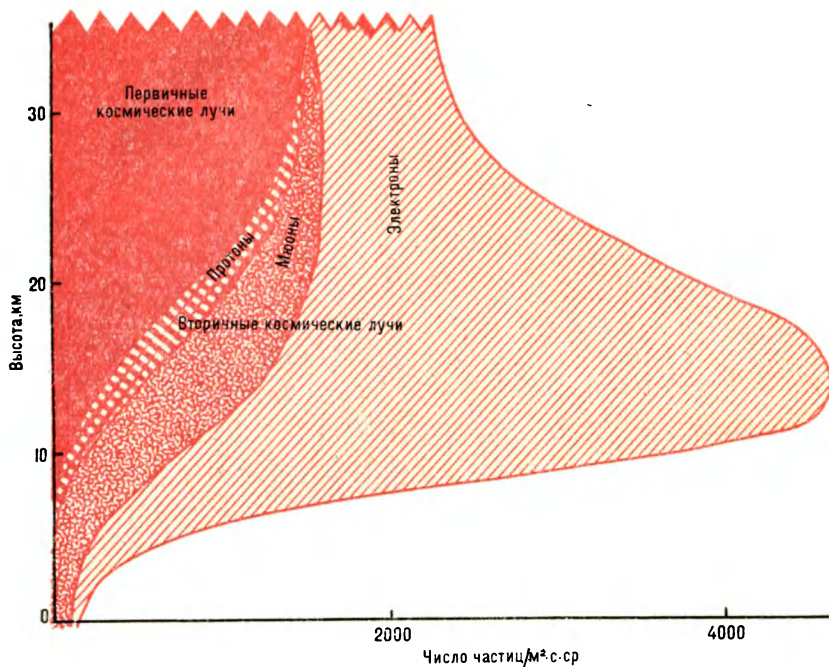
земной атмосфере и на поверхности Земли практически все космические лучи вторичные. Их поток в 20—30 раз меньше потока первичных космических лучей в околоземном пространстве. Чем больше энергия первичных космических лучей, тем глубже они и порождаемые ими вторичные частицы проникают в атмосферу. Радиозонд, поднимаясь на высоту 30—35 км, измеряет зависимость потока космических лучей от атмосферного давления. В этих данных содержится информация о первичных космических лучах разной энергии. Чтобы разделить по энергиям космические лучи, приходящие на Землю, измерения проводятся на различных геомагнитных широтах. В полярные широты открыт доступ частицам, начиная с самых малых энергий, на экватор могут попадать лишь частицы достаточно больших



■ Радиозонд космических лучей

Блок-схема радиозонда космических лучей. Датчики космических лучей состоят из двух счетчиков Гейгера. Когда частица космических лучей попадает в счетчик, происходит ионизация газа и возникает импульс тока. Этот импульс поступает в блок радиосхемы, где он усиливается, формируется до нужной величины и длительности. Далее он идет на радиопередатчик, транслирующий информацию о космических лучах на землю. Кодовый сигнал от датчика высоты сообщает, на какой высоте получена эта информация. Блок питания прибора содержит две батареи по 13 В. Преобразователь повышает это напряжение до 380 В, необходимых для работы счетчика Гейгера





энергий (выше $15 \cdot 10^9$ — $17 \cdot 10^9$ эВ для протонов). Ежедневно радиозонды космических лучей запускаются в Советском Союзе в районе Мурманска, Москвы, Алма-Аты и на территории Антарктиды (обсерватория Мирный). Таким образом, при исследовании временных и пространственных изменений потоков космических лучей разных энергий атмосфера и магнитное поле Земли используются как гигантский измерительный прибор.

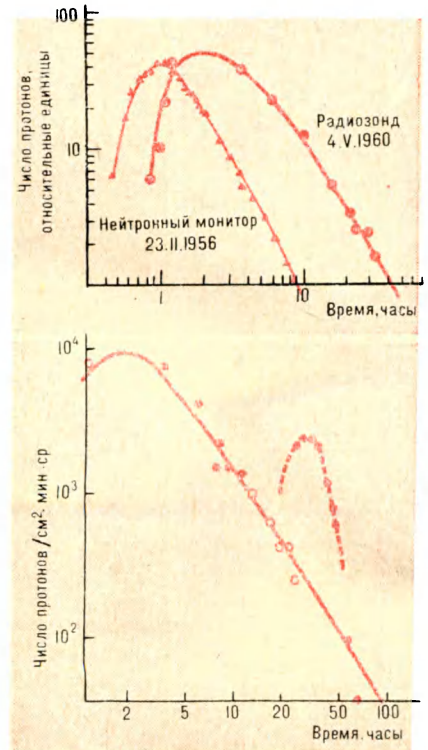
ВСПЫШКИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА СОЛНЦЕ

Вскоре после начала систематических измерений в стратосфере, в марте и июле 1958 года, в районе

Состав заряженных частиц космических лучей на различных высотах в земной атмосфере (широта Москвы). Большую часть заряженных частиц в атмосфере составляют электроны, которые образуются вместе с фотонами в электромагнитных ливнях. Но потоки фотонов в 15—20 раз превышают потоки электронов

Мурманска было зарегистрировано сильное возрастание космических лучей: в земную атмосферу из космического пространства вторгся большой поток заряженных частиц. В 1959 году подобные случаи наблюдались чаще. Сопоставление с солнечной активностью и геомагнитными эффектами показало, что эти события вызваны космическими лучами Солнца. Так был открыт новый тип вспышек солнечных космических лучей.

По наземным измерениям уже было известно, что Солнце во время хромосферных вспышек становится источником космических лучей, однако происходило это довольно редко — несколько раз за десятилетие. Необычность возрастания потоков космических лучей в стратосфере заключалась в том, что наземные приборы не реагировали на такие события: поток протонов поглощался в атмосфере и не мог быть обнаружен вблизи земной поверхности. Вместе с тем возрастание космических лучей в стратосфере свидетельствовало о мощном жестком излучении в космическом пространстве, когда потоки протонов увели-



чивались в сотни и тысячи раз. Оказалось, что протоны с энергией больше 10^8 эВ генерируются прак-

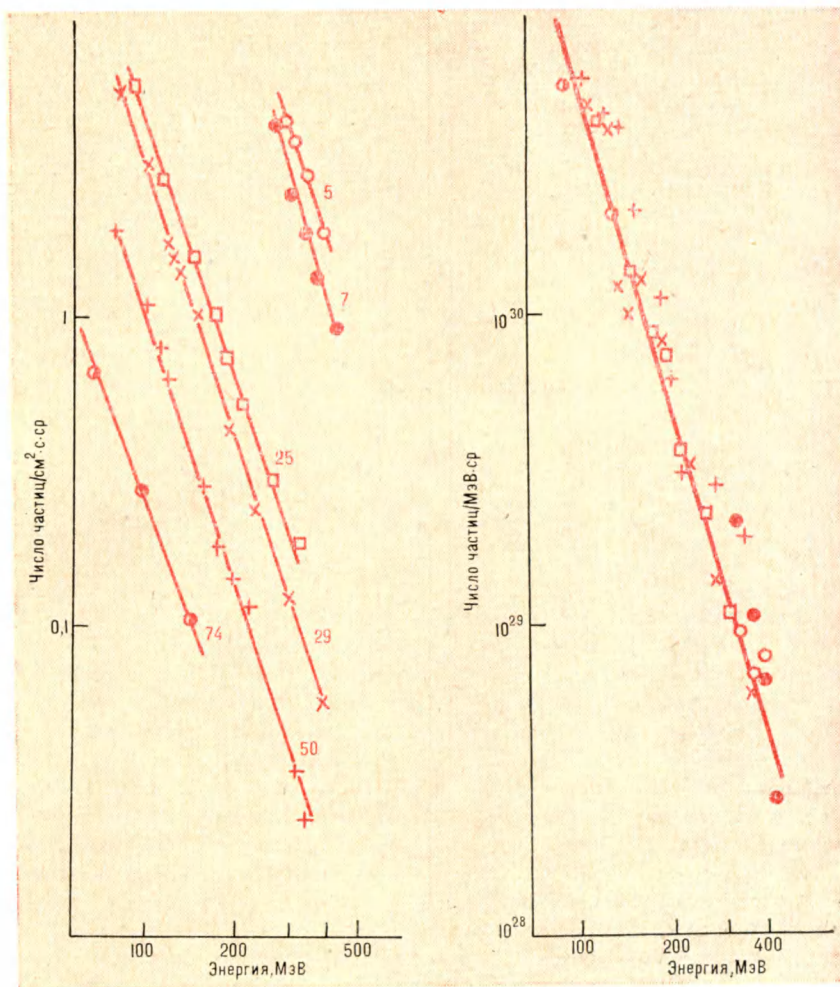
Изменение числа протонов во время хромосферных вспышек на Солнце 4 мая 1960 года (измерения радиозонда в стратосфере) и 23 февраля 1956 года (измерения нейтронного монитора на земле). Для наглядности результаты измерений совмещены в районе максимума числа протонов. Время отсчитывается от начала хромосферных вспышек. Различие этих кривых показало, что диффузия протонов малых энергий, измеряемых в стратосфере, происходит примерно в 5 раз медленнее, чем для протонов больших энергий, зарегистрированных на земле

Изменение числа протонов во время хромосферных вспышек на Солнце 4 мая (кружки) и 15 ноября 1960 года (точки). Данные от 4 мая для наглядности умножены на 100, время отсчитывается от начала хромосферных вспышек. Дополнительный пик приходится на время прохождения около Земли корпускулярного потока вспышки 15 ноября

тически во время каждой хромосферной вспышки высокого балла. Открытие этого явления было чрезвычайно важным в связи с планируемыми полетами человека в Космос, потому что протоны от солнечных вспышек создают радиационную опасность для экипажа пилотируемых космических кораблей. Открытие стимулировало работы в обсерваториях по прогнозированию протонных вспышек и теоретические исследования ускорения частиц в активных областях на Солнце. Эти работы по сей день ведутся с большим успехом.

Изучение солнечных вспышек космических лучей позволило нам получить ценную информацию об условиях в межпланетном пространстве. В частности, было показано, что путь космических лучей от Солнца до Земли в десятки раз длиннее прямого расстояния между ними. Космические лучи распространяются в межпланетном пространстве по законам диффузии. Диффузия происходит в результате рассеяния космических лучей на неоднородных магнитных полях, существование которых теперь доказано прямыми измерениями со спутников и космических кораблей.

Как известно, во время солнечной вспышки в межпланетное пространство выбрасываются быстрые потоки плазмы с вмороженными магнитными полями. В этих плазменных потоках могут находиться магнитные ловушки, удерживающие космические лучи. Действительно, измерения, проведенные нами во время вспышек космических лучей в мае и июле 1959 года, свидетельствовали о существовании таких ловушек. Этот



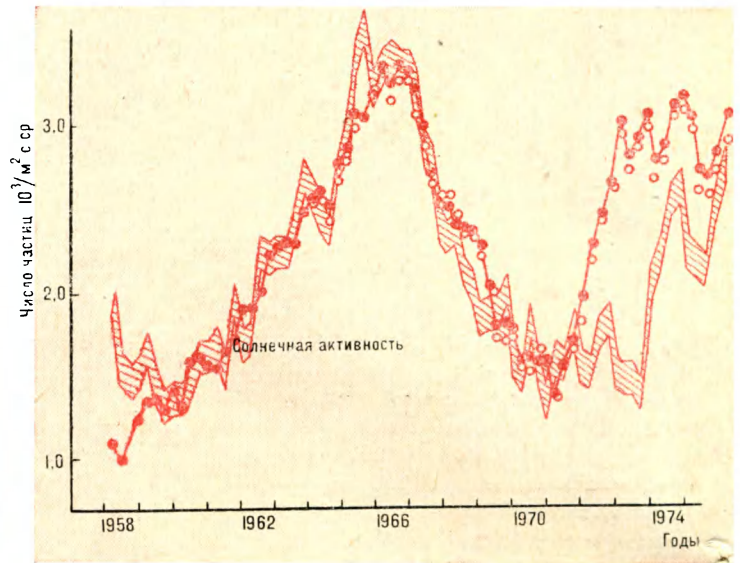
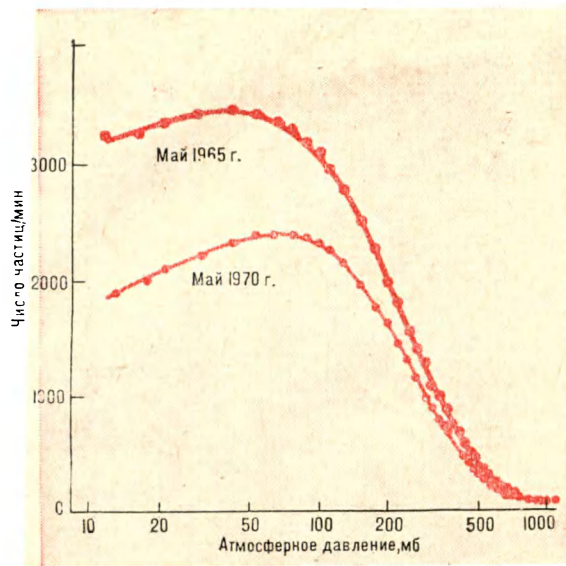
эффект особенно ярко выявился, когда удалось обнаружить четкий пик на временной зависимости интенсивности протонной вспышки в ноябре 1960 года. Время появления этого пика соответствовало прохождению около Земли плазменных потоков вспышки, в которой были генерированы космические лучи. Интересно, что космические лучи в магнитной ловушке имеют совершен-

но иное энергетическое распределение — они содержат значительно больше малоэнергичных протонов, чем вне ловушки.

В 1958—1961 годах в стратосфере было зарегистрировано свыше 20 вспышек солнечных космических лучей. Мощность их менялась очень сильно, а вид энергетического спектра протонов — мало. По-видимому, существует универсальный механизм

Энергетические спектры солнечных протонов по измерениям в стратосфере 28 января 1967 года. Цифры у кривых — время в часах, отсчитываемое от начала хромосферной вспышки на Солнце

Энергетический спектр генерации протонов на Солнце, полученный из данных, представленных на предыдущем рисунке. Прямая соответствует степенному спектру с показателем 3



генерации космических лучей на Солнце. Анализ большой совокупности данных, включая и спутниковые, показал, что энергетический спектр протонов, генерируемых на Солнце, имеет степенной вид с показателем 2—4. Кинетическая энергия протонов, испущенных во время вспышки, достигает 10^{31} эрг.

Сейчас протонные вспышки изучаются с помощью аппаратуры, установленной на искусственных спутниках Земли и космических кораблях, главным образом в области достаточно малых энергий протонов, 10^6 — $5 \cdot 10^7$ эВ. Исследованы условия распространения в межпланетном пространстве солнечных протонов малых энергий. Исключительно ценные результаты поступают о зарядовом составе солнечных космических лучей и др. Но интервал энергии протонов 10^8 — $5 \cdot 10^8$ эВ в основном изучается по данным стратосферных наблюдений.

11-ЛЕТНИЙ ЦИКЛ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Длительные регулярные измерения в верхних слоях атмосферы позволили нам получить очень ценную информацию о временных изменениях потока галактических космических лучей и исследовать еще одно

интересное явление — 11-летний цикл космических лучей.

В периоды минимума активности Солнца, когда на нем мало пятен, поток галактических космических лучей в межпланетном пространстве наибольший. Затем, по мере увеличения числа пятен, поток космических лучей убывает. В периоды максимума солнечных пятен галактические космические лучи малых энергий почти полностью исчезают из межпланетного пространства, а весь

■ *Потоки частиц космических лучей в земной атмосфере в периоды минимума (1965 г.) и максимума (1970 г.) 11-летнего солнечного цикла*

■ *Вековой ход галактических космических лучей (энергия больше 0,1 ГэВ) в околоземном пространстве по данным стратосферных измерений в районе Мурманска (точки) и обсерватории Мирный в Антарктиде (кружки). Штриховкой показан ожидаемый результат измерения по формуле корреляционной связи с солнечной активностью. Нарушение этой связи в 1970—1972 годах обусловлено дополнительным потоком космических лучей в межпланетном пространстве в переходный период изменения знака общего магнитного поля Солнца*

их поток убывает чуть ли не вдвое. После этого процесс идет в обратном порядке, почти в такт с солнечным циклом. Происходит прилив и отлив галактических космических лучей в межпланетное пространство. Какова физика этого явления? Каков размер пространства вокруг Солнца, в котором протекает этот волнообразный процесс?

Солнечная активность может воздействовать на заряженные частицы космических лучей в межпланетном пространстве только через магнитные поля. Поэтому теория 11-летнего цикла космических лучей предполагает, что процесс обусловлен рассеянием космических лучей на магнитных полях, несомых солнечным ветром. В результате происходит замедление и конвективный вынос космических лучей из межпланетного пространства, и вокруг Солнца образуется полость, в которой поток галактических космических лучей почти всегда меньше, чем в межзвездном пространстве. Теория дает параметры, характеризующие свойства магнитных неоднородностей солнечного ветра, диффузию космических лучей, размер этой полости и др. Эти параметры зависят от времени, то есть от фазы солнечного цикла, и нахождение их представляло значительные трудности. Их значения все же оказалось воз-



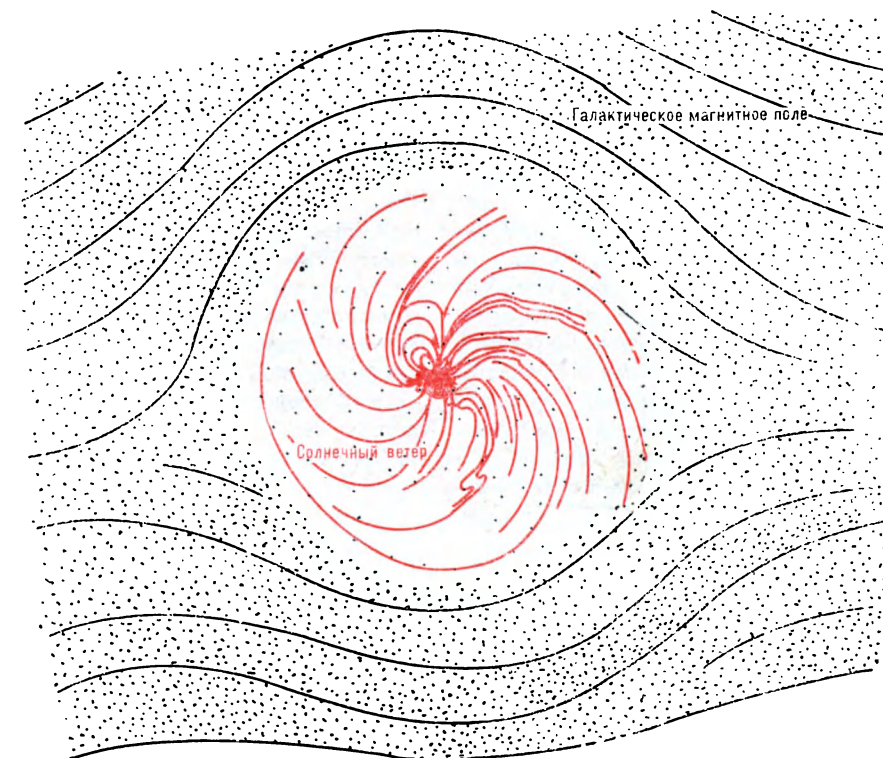
можно установить благодаря независимым экспериментальным данным о солнечных и галактических лучах. Например, были обнаружены скачкообразные изменения числа пятен на Солнце и вслед за ними — довольно быстрое увеличение космических лучей в стратосфере. Эти данные позволили определить радиус полости, в которой поток галактических космических лучей низкий (10—20 а. е.), и скорость распространения магнитных неоднородностей 300—500 км/с.

По мере накопления экспериментальных данных о временных изменениях космических лучей в стратосфере, проводились поиски корреляционной связи между этими изменениями и солнечной активностью. Лучшее всего поток галактических космических лучей, падающих на границу атмосферы, коррелирует с числом групп солнечных пятен. При этом пятна, расположенные на низких геомагнитных широтах, оказываются более эффективными, чем пятна на высоких широтах. Для потока галактических космических лучей у Земли (энергия больше 100 МэВ) получена эмпирическая формула:

$$N = N_0 \exp(-A\eta^{0,8}\varphi^{-1,2})$$

где η — число групп солнечных пятен, φ — их средняя гелиографическая широта, A — постоянная, $N_0 = 4000$ частиц/м²·с·ср — значение потока галактических космических лучей для нулевой солнечной активности ($\eta=0$).

Каким образом количество групп солнечных пятен сказывается на потоке космических лучей в стратосфере? С изменением числа активных областей меняется поток маг-

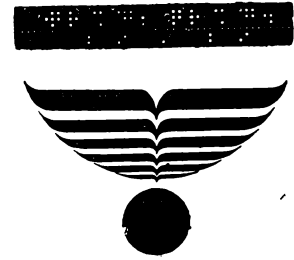


нитных полей пятен на Солнце, изменяется вспышечная деятельность и возмущающее влияние активных областей на межпланетную среду. Последнее, судя по данным о космических лучах, приводит к изменениям плотности потока магнитных неоднородностей в межпланетном пространстве на расстоянии 10—20 а. е. Другими словами, магнитные поля в межпланетном пространстве, которые вызывают модуляцию кос-

мических лучей, контролируются пятнами. Механизм связи потока космических лучей с гелиографической широтой пятен пока не ясен.



Схематическое изображение области модуляции галактических космических лучей солнечным ветром. Радиус этой области 10—20 а. е. Внутри нее интенсивность космических лучей ниже, чем в межзвездном пространстве



СУЩЕСТВУЕТ ЛИ МАГНИТОСФЕРА СОЛНЦА?

Такой вопрос возникает в связи с астрономическими наблюдениями магнитных полей в полярных областях Солнца. Направление этих полей в южном и северном полушариях Солнца в среднем имеет противоположный знак. Такая ситуация указывает на возможность существования дипольного поля Солнца. В действительности на поверхности Солнца происходят бурные процессы с всплыванием сильных магнитных полей, которые вносят свой вклад в общее магнитное поле Солнца. Поэтому представление о дипольном поле Солнца нужно принять условно, имея в виду, что на фоне различных процессов обнаружить квазидипольное магнитное поле трудно. Если все-таки поле существует, то оно должно действовать не только вблизи солнечной поверхности, но и на больших расстояниях от нее, поэтому дипольное магнитное поле будет влиять на космические лучи в межпланетном пространстве. Причем его действие должно проявляться в основном в те периоды времени, когда в предполагаемом дипольном поле Солнца происходят значительные изменения. Из тех же астрономических данных следует, что приблизительно каждые 11 лет общее магнитное поле Солнца меняет знак. В той же последовательности уменьшаются магнитные поля в межпланетном пространстве. В эти периоды и нужно ожидать увеличения потоков галактических космических лучей.

Наблюдения показывают, что, действительно, при такой «магнитной

ситуации» на Солнце (например в 1957—1958 годах и особенно четко в 1970—1972 годах) в космических лучах происходят существенные изменения. В это время неожиданно нарушается обычная зависимость потока космических лучей от солнечной активности. Так, в 1970—1972 годах космические лучи должны были находиться на низком уровне, а наблюдалось, наоборот, необычно сильное увеличение потока космических лучей. Поскольку этот процесс пришелся на то время, когда общее магнитное поле Солнца меняло знак, кажется разумным предположить, что рост потока космических лучей связан с процессами, протекающими в магнитосфере Солнца. Такое предположение подкрепляется открытием аномалии в энергетическом спектре галактических космических лучей. Было обнаружено, что в периоды, когда общее магнитное поле Солнца меняло знак, рост потока галактических космических лучей больших энергий опережал рост галактических космических лучей малых энергий. Появление подобной аномалии можно понять, если предположить, что в магнитосфере Солнца уменьшилась напряженность магнитного поля. Следовательно, два независимых экспериментальных факта, которые были получены при исследовании космических лучей, говорят в пользу существования квазидипольного магнитного поля Солнца, простирающегося за пределы орбиты Земли.

Регулярные запуски портативных радиозондов в стратосферу продолжают. Накоплен богатый экспериментальный материал, на основе ко-

ЛЕД НА СПУТНИКАХ ЮПИТЕРА

Замерзшая вода на поверхности двух самых больших спутников Юпитера — Европы и Ганимеда — была обнаружена несколько лет назад во время инфракрасных спектроскопических наблюдений. Теперь это открытие подтверждено независимым методом — радиолокационным.

Используя 300-метровый радиотелескоп обсерватории Аресибо, американские радиоастрономы осуществили радиолокацию Европы и Ганимеда на длине волны 12,6 см. Они установили, что поверхности этих спутников покрыты многометровым слоем льда или смеси льда с горной породой.

«Sky and Telescope», 52, 1, 1976.

того сделаны интересные научные открытия: обнаружен новый класс солнечных космических лучей, возникающих практически при каждой мощной вспышке на Солнце; определены характеристики межпланетного пространства; доказано, что свойства межпланетного пространства меняются, когда происходит смена знака общего магнитного поля Солнца. Эти открытия способствуют расширению наших представлений о Солнце и межпланетной среде.



Академик
В. С. СОБОЛЕВ

Метаморфические горные породы и фации

ЧТО ТАКОЕ ГОРНАЯ ПОРОДА?

Минералы — кристаллические химические соединения, слагающие твердую земную кору, образуются в результате сложных процессов, происходящих на Земле и отражающих всю ее историю. При таких процессах возникают обычно ассоциации минералов, которые по своему типу и роли в строении Земли можно разделить на две группы — горные породы и различные ассоциации, не имеющие общего наименования, которые мы будем называть «**минеральными месторождениями**». (Напомним, что термин «месторождение» не всегда связывают с промышленными запасами.) «Минеральные месторождения» обычно отличаются сравнительно небольшими размерами, сложным, весьма неоднородным строением и в некоторых случаях крупными кристаллами минералов. Сюда относятся прекрасные гнезда полудрагоценных камней, образовавшихся в пегматитах, — они хорошо известны по увлекательным книгам Ферсмана, — гидротермальные (возникшие из высокотемпературных водных растворов) жилы с золотом, серебром, сернистыми соединениями многих металлов, имеющими промышленное значение, стяжения агата с друзами кварца и т. п. Распределение минералов, а соответственно, и элементов, слагающих жилы, настолько неравномерно, что оценка запасов подземных кладовых требует специальной методики опробования, составляющей целую отрасль науки. В некоторых случаях, например для гнезд драгоценных камней, оценить

Ленинская премия 1976 года присуждена группе сотрудников Института геологии и геофизики Сибирского отделения Академии наук СССР за цикл экспериментальных исследований и разработку схемы метаморфических фаций горных пород земной коры. Руководитель работ академик Владимир Степанович Соболев рассказывает о многолетних исследованиях, выполненных сибирскими геологами.

запасы можно лишь после их добычи и взвешивания.

В отличие от «минеральных месторождений», горные породы, слагающие земную кору, поразительно однородны как по своему строению, так и по количественным соотношениям минералов. Нередко, чтобы оценить «запас» химических элементов не только в ограниченном объеме, а в сотнях и тысячах кубических километров (например, гранита), бывает достаточно одного-трех химических анализов образцов, весом всего в несколько десятков граммов.

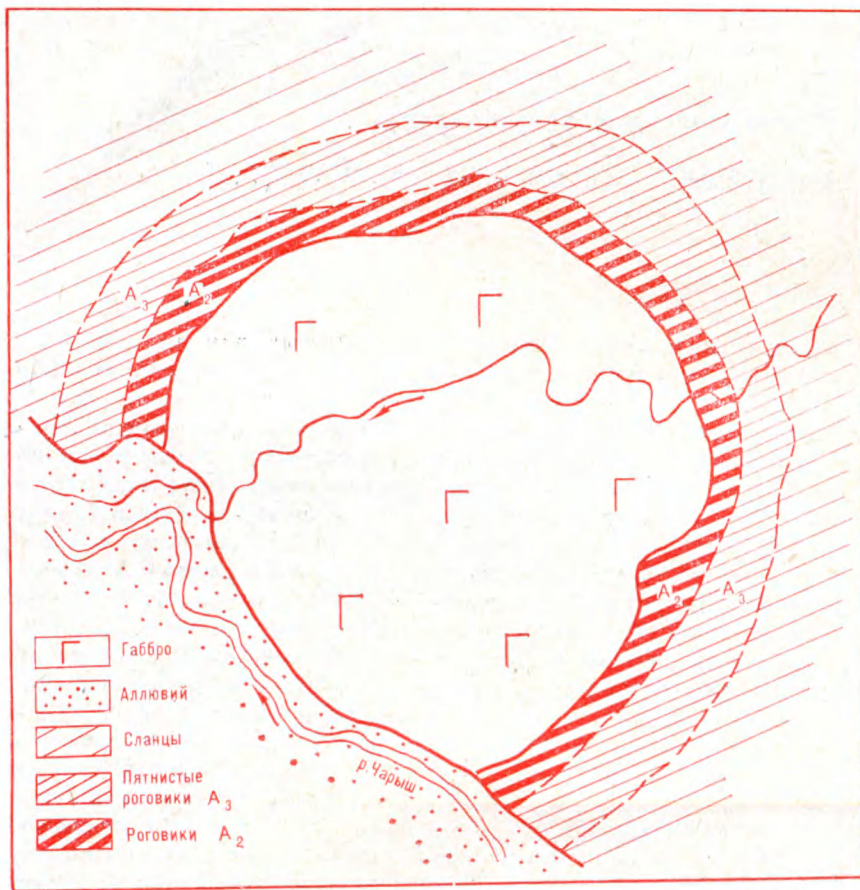
Если минералогия занимается изучением всех минералов Земли, то изучением горных пород занимается петрология — наука о камнях. В задачу этой науки входит исследование и породообразующих минералов. Как правило, они относятся к типу силикатов, то есть к соединениям кремнезема, и количественно представляют сравнительно небольшую долю общего числа минералов (сейчас их более двух тысяч).

Наиболее типичные горные породы — породы **изверженные**. Они образуются при кристаллизации расплавов, поднимающихся с больших глубин, — магмы. Излияния такой магмы на поверхность в виде лавы вулканов непосредственно наблюдаются и изучаются геологами, как, например, сейчас вулкан Толбачик на Камчатке («Земля и Вселенная», № 4, 1976, стр. 39—50. — Ред.). Однако большая часть магматических пород кристаллизуется внутри земной коры, образуя интрузии.

Другая группа — **осадочные горные породы**. Они образуются на поверхности Земли и в морях как продукт разрушения ранее существовавших горных пород и переотложения материала (с последующей его цементацией) в результате механических (песчаники, глинистые сланцы), химических (соли) или связанных с жизнедеятельностью организмов (известняки) процессов.

Наконец, третья группа — **метаморфические горные породы**. Они формируются в результате преобразования состава пород, относящихся к первым двум группам, когда эти породы попадают в новые условия температуры и давления.

Наиболее очевидный и простой случай метаморфического процесса — это преобразование пород в контакте с застывающим магматическим телом — **контактовый метаморфизм**. При этом может наблюдаться характерная зональность, кристаллизация наиболее высокотемпературных минералов вблизи интрузий. Нередко при полевых исследованиях можно проследить переходы от метаморфических пород к неиз-



менным породам, что дает возможность судить и о балансе вещества. Однако здесь процесс охватывает более широкий диапазон температур, чем для пород первых двух типов, и потому возможна температурная градуировка метаморфизма по образующимся минералам и ассоциациям.

Гораздо большее значение для геологии имеют породы **регионального метаморфизма**, которые образовались в результате погружения целых толщ неизменных пород на большие глубины. Здесь не наблюдается прямой связи с интрузиями,

Схема контактового метаморфизма. Выделены зоны более высокотемпературных фаций (А) и низкотемпературных фаций осадочных пород (А₃). Харловский габбровый массив в северо-западном Алтае

но, по-видимому, часто происходило повышение геотермического градиента из-за близости магматических масс или в результате других процессов. В дальнейшем благодаря тектоническим движениям и размывам эти породы выходили на поверхность. Они часто занимают территории в десятки и сотни тысяч квадратных километров, например, в южной Якутии (Алдан), Карелии и на Скандинавском полуострове. При глубоком бурении эти весьма древние метаморфические породы могут быть достигнуты во всех точках континентов, а кое-где — и в океанах.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ФАЦИИ

Петрология занимается всесторонним исследованием условий образования, взаимоотношений, изменений

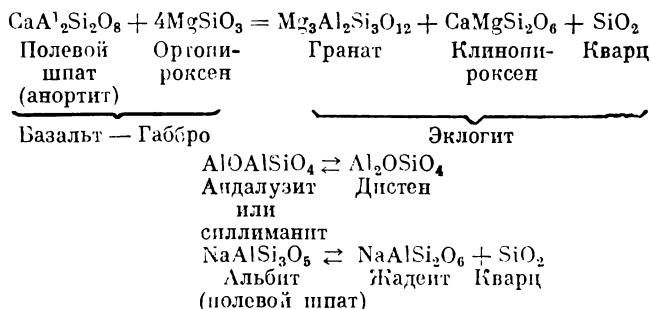
горных пород. Однако для изучения магматических и метаморфических пород особое значение имеет физико-химический подход: определение температуры, давления, а также изучение всей истории кристаллизации минералов данной породы. Это направление наметилось уже в конце прошлого столетия, причем одним из его основоположников был русский кристаллограф и петрограф Е. С. Федоров.

Интересные обобщения по законам кристаллизации метаморфических пород сделаны еще в начале текущего столетия. В отличие от пород магматических, которые уже к 20-м годам были исследованы экспериментально, например, кристаллизация силикатных расплавов, выводы об условиях метаморфизма базировались в основном на материалах минералогии и общих законах физической химии. Важным этапом на этом пути стали положения о **фациях метаморфизма**, сформулированные известным финским ученым П. Эсколя. Он писал: «Метаморфическая фация объединяет породы, которые, как можно предполагать, были метаморфизованы в идентичных условиях. К определенной фации мы будем относить породы, которые при идентичном химическом составе состоят из тех же минералов». Он выделил пять фаций, которые затем дополнил еще тремя. В дальнейшем выявились большие сложности и потребовалась значительная модификация, но основа учения о фациях и в значительной степени терминология сохранились до настоящего времени. В Советском Союзе первый в

мире курс физико-химической петрологии, относящийся, однако, лишь к магматическим породам, в 20-х годах в Ленинградском горном институте читал профессор (а затем академик) А. Н. Заварицкий. Огромный шаг в развитии учения о метаморфизме был сделан академиком Д. С. Коржинским, принадлежащим к той же школе. Он развил учение о физико-химическом равновесии в метаморфических породах, но особых успехов достиг в теории метасоматизма (реакции с привнесом и выносом вещества). Д. С. Коржинский создал новые представления об относительной «подвижности» компонентов. Его труды переведены на многие языки и заслужили мировое признание.

РОЛЬ ДАВЛЕНИЯ ПРИ МЕТАМОРФИЗМЕ

Уже на ранних этапах развития науки было установлено несколько пар ассоциаций минералов и даже отдельных минералов, которые были идентичны по своему химическому составу, но отличались структурами и, соответственно, удельным весом. Вот три наиболее характерные пары минералов:



Повышение давления должно способствовать образованию более плотных пород или минералов (правые части уравнений). Из приведенных реакций наибольшее значение для геологии имеет первая. В упрощенном виде она отвечает переходу самых распространенных пород земной коры — базальтов и их интрузивных аналогов габбро, содержащих сравнительно легкие полевые шпаты, в эклогит с тяжелым гранатом. Однако геологические оценки показывают, что породы и минералы (справа от знака равенства) часто образуются на небольших глубинах. Высказывалось предположение, что происходящие при этом реакции не требуют больших давлений. В 1955 году профессор Х. Иодер (ныне директор геофизической лаборатории Карнеги в Вашингтоне) писал: «С давления нужно снять покров его мистического могущества». Интересно, что именно Х. Иодер раньше чем через 10 лет, проведя блестящие эксперименты, одним из первых назвал реальные (и весьма высокие) цифры давлений, необходимых для этих реакций, которые легли в основу всех дальнейших рассуждений о роли давлений при метаморфизме.

В течение длительного периода господствовало мнение о пропорциональном повышении давления и температуры с увеличением глубины, а независимым переменным считалась только температура. Так как эта схема явно не согласовывалась со многими наблюдениями, возникали другие, более сложные модели, например фации глубинности, где переменным фактором принималось давление CO_2 . Режим углекислоты определялся по минералам, образовавшимся в метаморфизованных карбонатных породах.

Автор этих строк с 1947 года активно защищал гипотезу о самостоятельной роли больших давлений при метаморфизме. Но даже в 1960 году на Международном геологическом конгрессе в Копенгагене он был в числе немногих петрографов, интересовавшихся горными породами, которые образуются при высоких давлениях. После организации Сибирского отделения АН СССР (1958—1960) изучение пород и минералов «высоких давлений» сделалось центральной проблемой лаборатории метаморфизма. С этим же временем связаны первые экспериментальные исследования метаморфических реакций при высоких давлениях. К 70-м годам положение в науке коренным образом изменилось, и эти вопросы сейчас находятся в центре внимания многих научных коллективов всего мира. Приятно думать, что в этом сыграли некоторую роль и наши исследования.

Давление как фактор метаморфизма является основой разрабатываемой нами схемы фаций: серия А — группа фаций контактового ме-



таморфизма, серия В — группа фаций метаморфизма умеренных давлений и серия С — группа фаций регионального метаморфизма высоких давлений. Мы считаем доказанным, что давления, необходимые для образования фаций группы С, нередко значительно превышают 5—10 кбар — величину статического давления вышележащих пород, что считается сейчас возможным и по геофизическим данным. Экспериментальные исследования позволяют установить и пределы, в которых находятся

■
Академик А. Н. Заварицкий (1884—1952) — основоположник советской физико-химической школы в петрологии

предполагаемые давления в земной коре. Это 15—20 кбар, отвечающие давлениям, необходимым для образования наблюдаемых в природе ассоциаций, и 25—30 кбар. Выше указанного верхнего предела обычный минерал земной коры — кварц — должен перейти в более плотную модификацию — козсит, что в метаморфических породах нигде не наблюдается.

Принцип выделения метаморфических фаций был разработан с учетом возможности картирования, но лишь для карт крупных масштабов и сравнительно небольших районов. Нами была выдвинута идея о создании мелкомасштабных карт, и в 1966 году была опубликована карта метаморфических фаций для огромной территории Советского Союза с прилегающими областями. Эта карта привлекла к себе внимание мировой общественности. В настоящее время составлена международная карта Европы (издана в Голландии в 1973 году) и ведется работа по составлению карты Азии (печатается в Новосибирске). На этих картах, несущих большую информацию, выявились интересные закономерности распределения фаций и, в первую очередь, поясы фаций S_3 , S_4 (глаукофановые поясы или синие сланцы, по цвету главного минерала — глаукофана), обрамляющие, в частности, восточную часть Тихого океана. Сторонники гипотезы так называемой тектоники плит эти поясы стали связывать с областью субдукции (поддвигания) океанической плиты под континент, соответственно используя древние глаукофановые поясы (например, Урал) для рекон-

струкции ранее закрытых океанических бассейнов. Конечно, сама гипотеза мобилизма еще дискуссионная, но здесь намечаются новые связи между петрографией и тектоникой, которые так важны для создания общей научной концепции.

Карты метаморфических фаций уже сами по себе представляют интерес для решения прикладных задач, так как многие месторождения полезных ископаемых (золото, железо, марганец) прямо или косвенно связаны с определенными факторами метаморфизма. Однако еще большее значение будет иметь новый тип карт — **метаморфических формаций**. Эту задачу предстоит решать в текущей пятилетке — объединить на одной карте информацию о физико-химических условиях метаморфизма и составе исходных пород.

Анализ пород высоких давлений непосредственно привел нас от изучения метаморфических формаций коры к изучению более глубинных пород земли и разработке проблемы фаций верхней мантии. Советским ученым удалось использовать кимберлитовые трубки — своеобразные «окна» в глубины Земли и взглянуть в них (пользуясь Якутскими месторождениями алмазов) глубже, чем это сделали другие исследователи. При этом оказалось, что такое «заглядывание» имеет большое практическое значение для поисковых работ. (Здесь уместно привести цитату из английского учебника петрографии Ф. Хэтча: «Н. В. Соболев, ведущий специалист по сибирским кимберлитам, образно говорит о кимберлитовых трубках как об «окне, через которое мы можем наб-



людовать существующие в мантии условия».)

ТЕМПЕРАТУРА И ПОДВИЖНОСТЬ ВЕЩЕСТВА

В течение 40-60-х годов наблюдалась тенденция оценивать температуру метаморфизма очень низкими абсолютными числами, например для фаций зеленых сланцев она определена чуть ли не в 100—300°. В наших работах обоснованы более высокие температуры: нижний кинетический предел, ниже которого настоящий метаморфизм не происходит,— порядка 300—500°, а температура гранулитовой фации (В)—до 1000°. Хотя многие данные сейчас подтверждаются и другими исследователями, поиски более точных «палеотермометров» продолжаются.

Важнейшим вопросом в учении о метаморфизме остается вопрос сохранения или изменения состава ис-

ходных пород, а также о режиме летучих компонентов и изохимичности. При метаморфизме, когда растет температура, содержание летучих компонентов — воды и углекислоты,— уменьшается, то есть происходит дегидратация и декарбонатизация пород. Выделение флюида определяет режим перекристаллизации, которая в твердых породах без флюида возможна только при температуре 800—1000°. Именно поэтому прогрессивный метаморфизм, то есть процесс, идущий с повышением

■ *Авторский коллектив, удостоенный Ленинской премии. Слева направо: доктор геолого-минералогических наук В. В. Ревердатто, доктор геолого-минералогических наук Н. В. Соболев, кандидат геолого-минералогических наук В. В. Хлестов (стоит), руководитель работ академик В. С. Соболев, доктор геолого-минералогических наук Н. Л. Добрецов*

температуры осадочных толщ и выделением H_2O и CO_2 , протекает совершенно иначе, чем метаморфизм регрессивный, когда породы, образовавшиеся при более высоких температурах, попадают в условия более низких температур. В первом случае сам метаморфизм приводит к образованию флюида, во втором случае — необходим его постоянный приток, что возможно лишь в особых зонах-разломах. Вот почему и могут сохраняться в земной коре при низких температурах породы высокотемпературных фаций.

Ученые давно дискутируют о роли воды при метаморфизме и магмообразовании. Обсуждалась гипотеза о возможности «нехватки» воды, когда формируются высокотемпературные безводные минералы при низких температурах. Нами выдвинута принципиально новая модель. Роль воды определяется в ней парциальным давлением, кото-

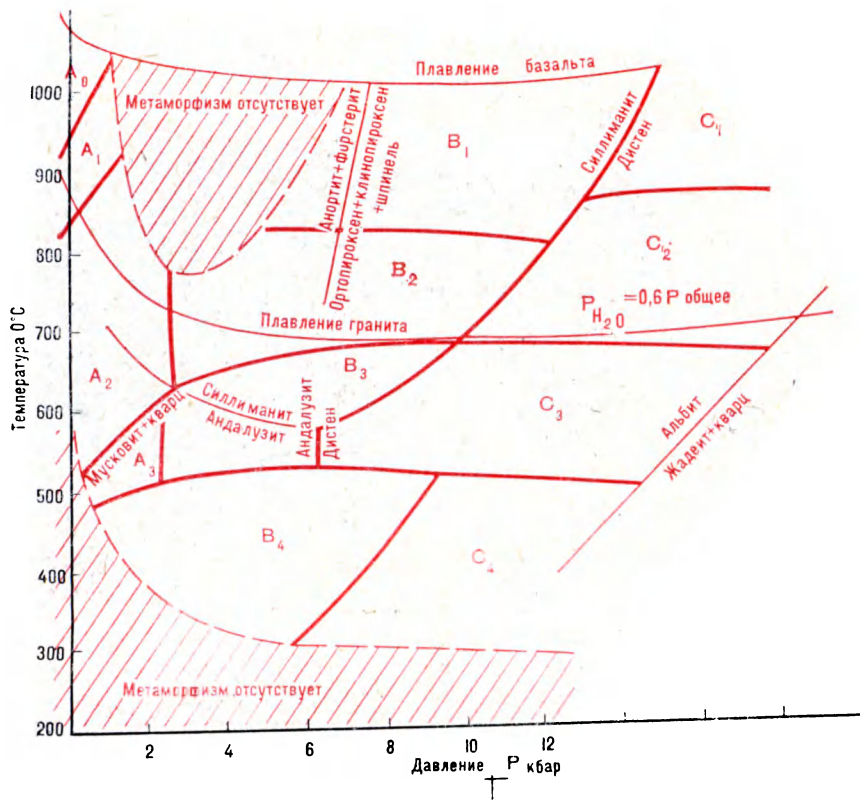


Схема метаморфических фаций горных пород в земной коре. Схема иллюстрирует соотношение роли давления и температуры при метаморфизме. Жирными линиями показаны границы между фациями: А — группа фаций контактового метаморфизма; В — группа фаций метаморфизма умеренных давлений; С — группа фаций регионального метаморфизма высоких давлений. Индексы 1—4 введены для обозначения температурных градаций. Тонкими линиями выделены границы минеральных равновесий и плавления горных пород. Пунктирными линиями ограничены области, где метаморфизм отсутствует

рое может быть значительно меньше общего давления. После детального анализа фактов было доказано, что парциальное давление воды колеблется в пределах 0,6—0,8 от общего для низкотемпературных и среднетемпературных фаций, резко понижаясь после выплавления гранитного расплава, который избирательно растворяет воду и таким образом осушает флюид. При исследовании включений, законсервированных в минералах, было доказано присутствие во флюиде CO_2 с дав-

лением до 5 кбар и более, что впоследствии подтвердили французские ученые.

В изучении нелетучих компонентов существуют два направления, которые в схеме могут быть выражены двумя крайними точками зрения. Согласно одному, метаморфизм, включая образование гранитной магмы, происходит без существенного изменения состава вмещающих пород. Согласно другому, при метаморфизме происходит значительное изменение состава с приносом и выносом ряда элементов, особенно щелочей, то есть процесс, называемый метасоматозом. Мы разделяем первую концепцию, но дискуссия продолжается.

Конечно, в данной статье затронуты только некоторые проблемы теории метаморфизма. В 1970—1974 годах была предпринята попытка дать обстоятельную сводку (в четырех томах), опирающуюся как на наши исследования, так и на анализ и обобщение литературных данных. Эти монографии привлекли внимание мировой общественности и были изданы на английском языке австралийским университетом, рецензировались в ряде ведущих журналов.

НОВЫЕ ЗАДАЧИ

Сохраняется или изменяется состав исходных пород при метаморфизме? Каков режим летучих компонентов? Почему в земной коре могут сохраняться при низких температурах высокотемпературные фации? Дискуссия по всем этим вопросам продолжается, и перед нами стоит за-

дача дальнейшего определения пути к чтению параметров образования метаморфических пород в лаборатории природы. Большое значение имеют сейчас работы одного из сотрудников Д. С. Коржинского — Л. Л. Перчука, как и других ученых, детально исследующих зависимость распределения элементов в минералах от температуры и давления. Мы видим особенно большие перспективы в развитии метода исследования мельчайших включений, минералообразований среды, захваченных при росте самими минералами, — метода, который у нас получил большое развитие благодаря работам Н. П. Ермакова, Ю. А. Долгова и др. Исследования этих включений под микроскопом после нагревания, замораживания и других воздействий

позволяют определить температуру образования минералов и даже восстановить всю их термическую историю.

Однако уже сейчас настало время приступить совместно с геологами-тектонистами и геофизиками к разработке более полного обобщения теории метаморфизма, создание моделей которого учитывало бы всю историю развития земной коры и мантии. Развитие этих моделей даст возможность лучше понять законы образования и распределения эндогенных месторождений полезных ископаемых и будет соответствовать тем важным задачам, которые поставлены перед наукой XXV съездом партии. В решении этих вопросов важное значение будет иметь замечательный эксперимент советской

науки — бурение сверхглубокой скважины в метаморфических породах Карелии.

Еще в 1947 году крупнейший советский ученый, академик С. С. Смирнов писал о недостаточности наших знаний в области магматогенного рудообразования. За прошедшие 30 лет мировая и советская наука проделали большой путь; все чаще удается прогнозировать скрытые от глаз месторождения. Однако и сейчас еще очень многое остается неясным и хотелось бы в заключение напомнить слова С. С. Смирнова: «Ключи к проблеме еще не найдены. И когда мы найдем их, старая наша земля откроет перед нами свои богатства. То, что мы обнаружили до сих пор, это лишь малая доля того, что мы можем еще открыть».



ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ НАХОДКА В АРКТИКЕ

Совместная палеонтологическая экспедиция, организованная Милуокским музеем (Милуоки, штат Висконсин) и Музеем естественной истории имени Карнеги (Питтсбург, штат Пенсильвания), выполнила обследование острова Элсмира — од-

ного из самых северных в Канадском Арктическом архипелаге.

Здесь, в районе 78° с. ш. на расстоянии всего около 1200 км от Северного полюса, найдены окаменелые остатки млекопитающих, которые могли обитать только в условиях тропического климата. Возраст окаменелостей, по оценке доктора Р. Уэста, составляет 50 млн. лет. Вероятно, это древнейшие из млекопитающих, когда-либо обнаруженных в столь северных областях Земли — до сих пор в таких широтах находили лишь остатки растений и беспозвоночных животных.

Доктор Р. Уэст утверждает, что остатки принадлежат древним копытным млекопитающим. Кроме того, найдены ископаемые остатки крокодилообразных, черепах и древних рыб.

Участница экспедиции Мери Р. Дусон убеждена, что на острове

Элсмира могут быть обнаружены еще неизвестные ископаемые животные.

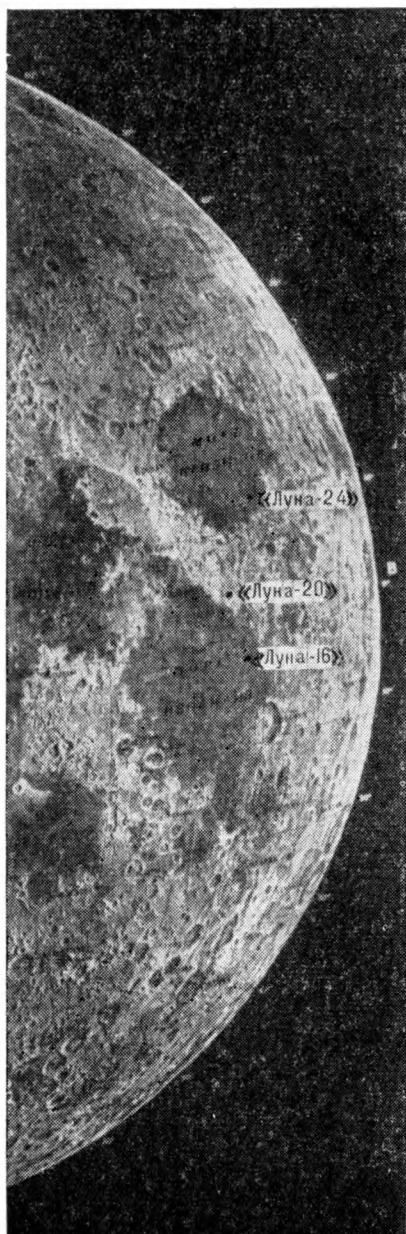
Важность сделанного открытия тем более велика, что эти остатки сходны с найденными ранее ископаемыми Северной Европы. Некоторые ученые видят в этом новое подтверждение гипотезы, согласно которой когда-то Северная Америка, Европа и Гренландия (от которой остров Элсмира отделен лишь узким проливом) составляли единое целое. В эпоху, отстоящую от нас на десятки миллионов лет, здесь преобладал тропический и субтропический климат. Датировка найденных остатков животных позволит точнее подойти к вопросу о скорости и направлении, с которыми происходил предполагаемый дрейф континентов.

«The Polar Times», 81, 1975.



Руководитель группы Л. С. ТАРАСОВ
Кандидат геолого-минералогических наук
А. Т. БАЗИЛЕВСКИЙ

Реголит из Моря Кризисов



22 августа 1976 года возвращаемый аппарат автоматической станции «Луна-24» совершил посадку в расчетном районе территории нашей страны. На Землю были доставлены образцы лунного грунта из юго-восточной части Моря Кризисов. Что представляет собой новая колонка грунта!

Благодаря доставке на Землю проб лунного грунта и пород экспедициями «Аполлон» и советскими автоматическими станциями «Луна-16» и «Луна-20», исследования нашего спутника перешли в качественно новую фазу — от оптических и дистанционных физических методов изучения Луны к непосредственному исследованию ее вещества. Оказалось, что лунное вещество своеобразно, оно отличается своими геологическими, геохимическими и физическими характеристиками от земных пород. Многие распространенные представления были отвергнуты и возникли новые вопросы и проблемы, решение которых потребует большой работы и, конечно, данных о новых районах Луны.

Как известно, двумя главными типами лунных районов являются морские и материковые. Морские сложены базальтовыми породами, материковые — анортозитовыми, то есть породами, обогащенными каль-

циевыми полевыми шпатами. Среди базальтовых пород Луны установлено много общих черт. Однако для каждого изученного района Луны детальные исследования выявили отличия пород по химическим и петрологическим признакам от пород других районов. Поэтому доставка автоматической станцией «Луна-24» новой пробы лунного грунта из юго-восточной части Моря Кризисов — крайне ценный и необходимый вклад в дальнейшее развитие лунных исследований.

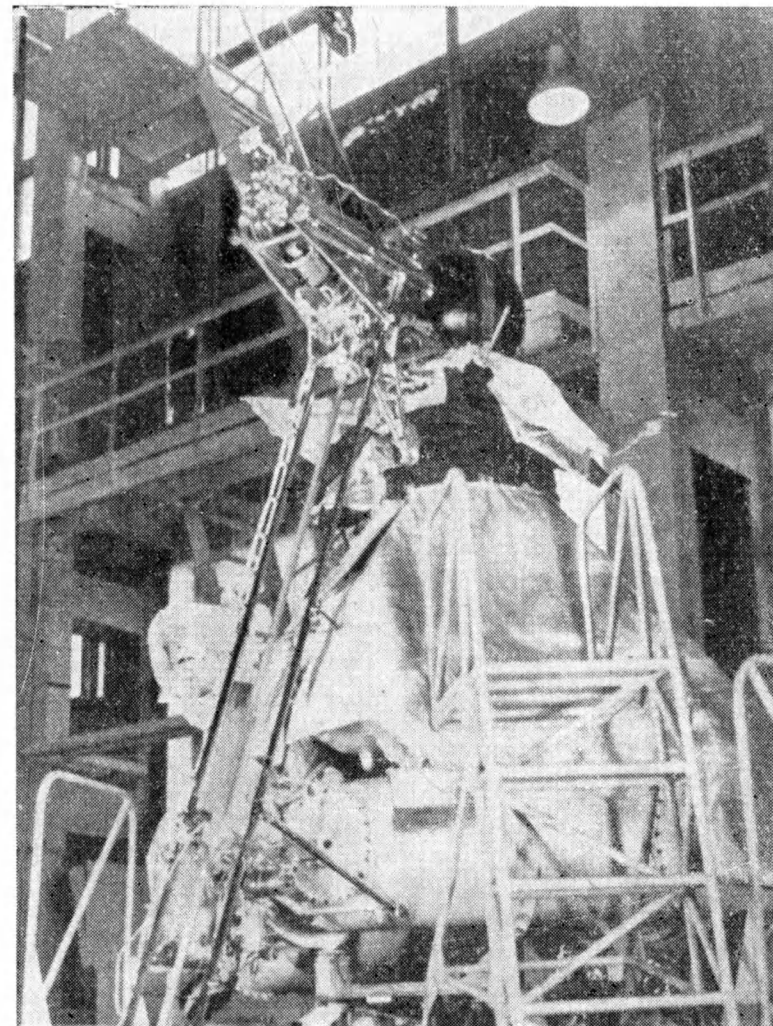
Научная значимость этого материала определяется прежде всего геологическими особенностями места посадки. Море Кризисов — одно из круглых лунных морей восточной окраины нашего естественного спутника — имеет очень глубокую впадину. Уровень Моря Кризисов приблизительно на 5 км ниже среднего уровня лунной поверхности. Таким образом, чаша этого моря заполнена излившимися в нее базальтами не так обильно, как впадины соседних морей, например, Моря Изобилия, где совершила посадку станция «Луна-16», или Моря Спокойствия, где работала экспедиция «Аполлон-11». Как установлено геоморфологическими исследованиями, плотность кратеров на поверхности Моря Кризисов меньше, чем в соседних морях, и это позволяет судить о том, что базальты Моря Кризисов могут принадлежать к относительно молодой вулканической формации, образовавшейся около 3 млрд. лет назад. Возможно, именно этим объясняется низкий уровень чаши Моря Кризисов, поскольку массы базальтовой лавы, сформировавшейся на поздних эта-

■
Места посадок автоматических станций «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24»

пах магматической эволюции, оказалось недостаточно для заполнения впадины. Относительная молодость этих базальтов может отразиться на их петрографическом и химическом облике — например, часть их может быть обогащена алюминием, щелочами, редкими землями. Причем могут присутствовать базальты разного типа, излившиеся последовательно во времени.

В центральной части Моря Кризисов расположен маскон — область концентрации массы, то есть положительной гравитационной аномалии. Она может быть вызвана либо поднятием к поверхности тяжелого вещества лунной мантии, либо влиянием глубинных очень плотных базальтов. В любом случае можно надеяться на обнаружение отдельных фрагментов таких пород в колонке грунта, доставленной «Луной-24». Эта возможность определяется самим процессом формирования реголита.

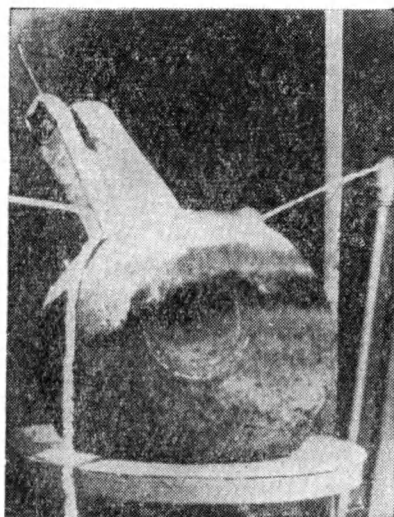
Реголит — это порода, состоящая из смеси измельченного, передробленного, частично оплавленного и переплавленного вещества поверхностных пород близлежащих и достаточно удаленных районов. Бомбардировка лунной поверхности метеоритами вызвала дробление и переброску поверхностного вещества Луны на значительные расстояния до десятков и даже сотен километров. Этот процесс был в древнее время более интенсивным, но в ограниченных масштабах продолжается и до сих пор. Естественно, при таких условиях могла происходить повторная и даже неоднократная переброска материала и фрагменты из древних



выбросов могли поступать в более молодые. Сравнительная быстрота захоронения предыдущих выбросов более новыми, видимо, одна из при-

■
*Автоматическая станция «Луна-24»
в сборочном цехе*

Фото ТАСС

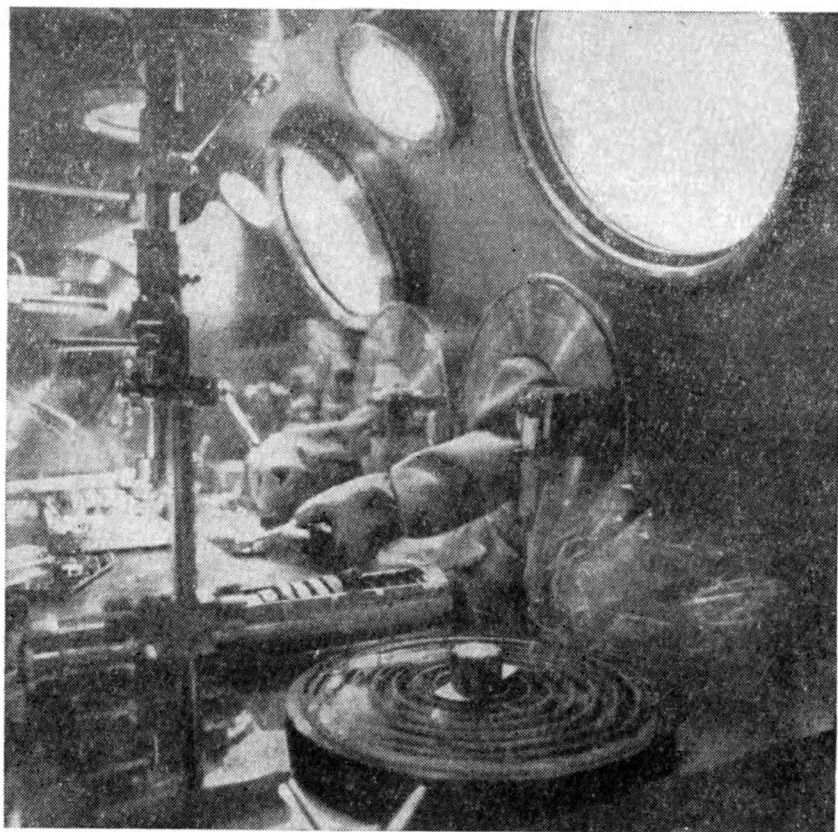


чин формирования слоистого разреза толщи реголита.

Таким образом, в колонке реголита, доставленной станцией «Луна-24», должен быть материал различных выбросов из удаленных и близлежащих областей. Не исключен переброс материала из материкового района, расположенного в 50—70 км к югу, и из краевой части Моря Кризисов, где могли содержаться и выбросы древних плотных пород центральной придонной части будущего моря. Любопытно будет обнаружить в колонке реголита «Луны-24» материал выброса из кратера Фаренгейт. Кратер Фаренгейт находится в 15 км от места посадки станции среди толщи базальтовых пород Моря Кризисов, диаметр этого кратера около 6 км, а глубина выброса из него пород базальтового покрова достигает 600—800 м. Следовательно, материалы выбросов из этого кратера в районе места взятия колонки «Луной-24» могут содержать фрагменты не только поверхностных, но и глубоководных базальтов, что представляет несомненный интерес.

■ *Возвращаемый аппарат автоматической станции «Луна-24» на Земле. После вскрытия аппарата из него извлекли капсулу с лунным грунтом.*

Фото ТАСС



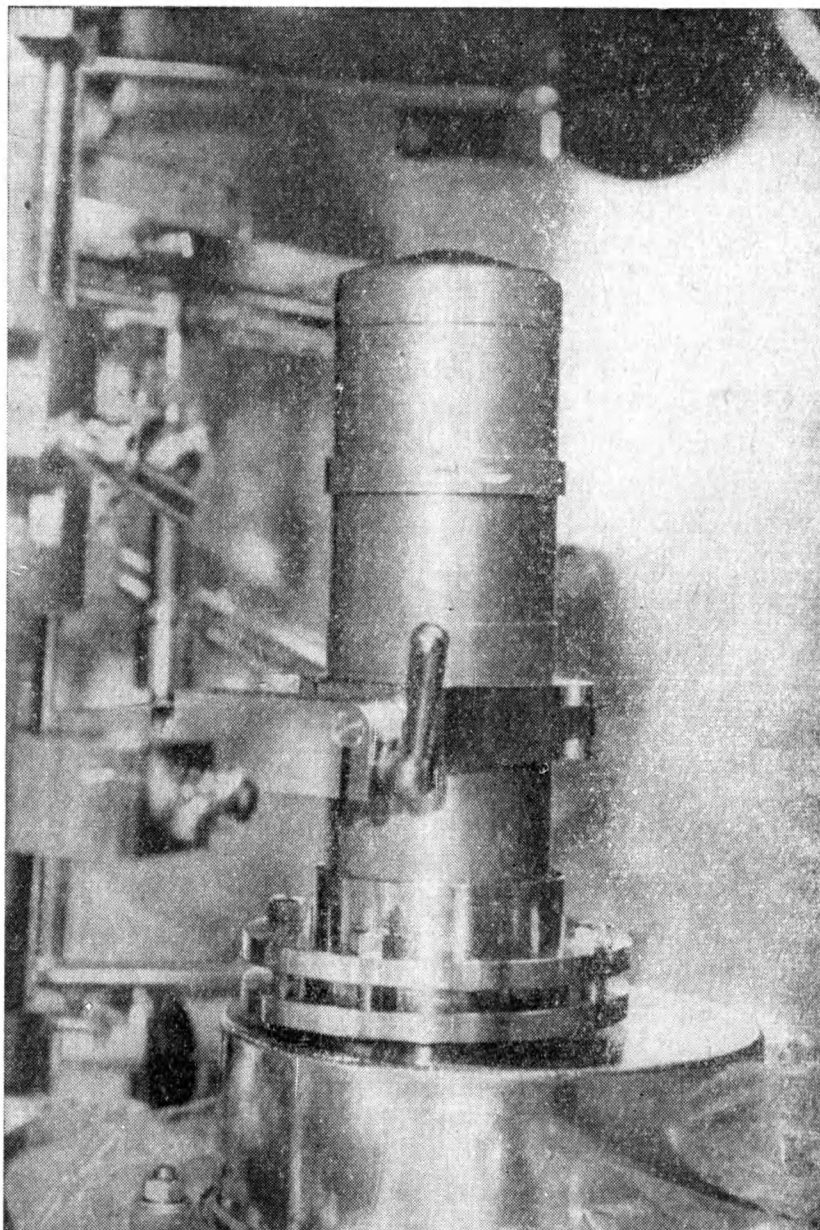
В целом, слоистая колонка грунта, доставленная «Луной-24», может включать древний реголит, материал выброса кратера Фаренгейт и верхний переработанный слой, в котором содержится материал нижележащего слоя, а также вещество более поздних мелких кратерных образований. Это — слой позднего реголита, видимо, сравнительно однородного. Таков предполагаемый характер раз-

реза колонки. Это позволяет ставить вопрос об изучении и самого процесса образования реголита, и особенностей формирования различных

■ *Общий вид внутренней части приемной камеры. Контейнер с грунтоносом лежит на полу камеры. На первом плане «улитка»*

вулканических и глубинных пород достаточно обширного района. Важная черта проведенного эксперимента — территориальная близость геологически различных соседних районов трех мест посадок станций — «Луны-16», «Луны-20» и «Луны-24». В совокупности это позволяет дать более полную характеристику и провести сравнительный анализ условий формирования различных пород, геологической истории самих районов и различных типов реголита, покрывающего их с поверхности.

Буровая установка станции «Луна-24» проникла в лунный грунт на глубину около 2 м. Однако из-за некоторой усадки грунта в колонке фактически длина заполненного грунтоноса составила 160 см. После окончания бурения грунтонос был перемещен в специальный контейнер, а контейнер введен в капсулу возвращаемого аппарата. Уже в лаборатории Института геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского АН СССР капсула с грунтом после ее очистки и герметизации была помещена в наполненную гелием камеру, где и производилась вся дальнейшая работа с образцом лунного грунта. После вскрытия капсулы из нее был извлечен контейнер с грунтоносом, а затем грунтонос был перемотан на «улитку»; одновременно проводились магнитомет-



■
Капсула с контейнером в приемной камере. Капсула закреплена в вертикальном положении и подготовлена для вскрытия. При вскрытии удаляется верхняя часть цилиндра капсулы, после чего контейнер с грунтоносом может быть вынут из нее

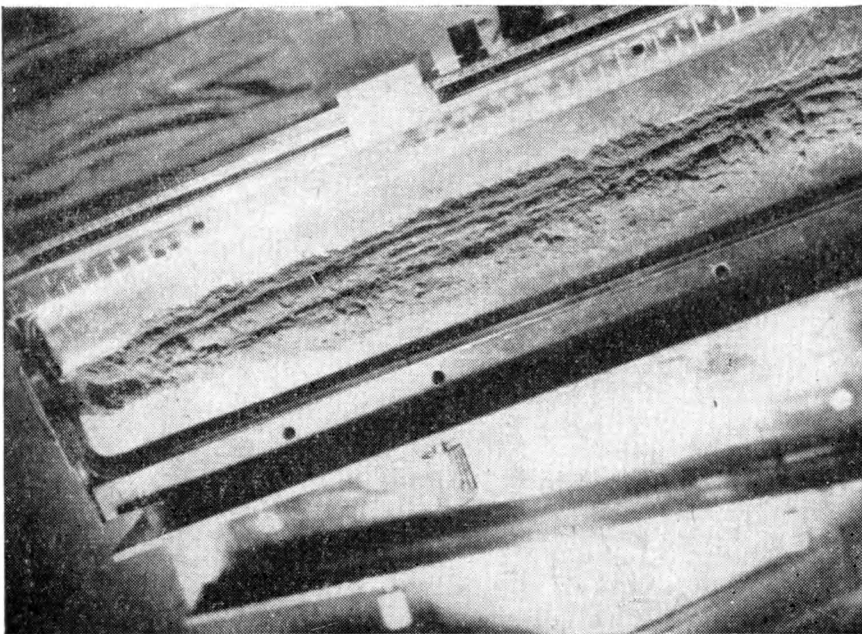


рические измерения, чтобы установить характер распределения металлического железа по глубине колонки. Улитка — это металлическая тарелка со специальным спиральным желобом, в который укладывается грунтонос, — на ней производится первичная рентгенометрия колонки для установления степени заполнения грунтоноса. Рентгеновский снимок показал, что грунтонос заполнен хорошо. По снимку были намечены места поперечного сечения грунтоноса, и после разделения его на отдельные участки они были перенесены на специально подготовленные лотки.

Грунт разместили на шести лотках. Уже первичный просмотр лотков показал, что разрез колонки неоднороден. Отдельные участки содержали значительное количество относительно крупных фрагментов. Верхняя часть колонки визуально была довольно однородной, но в глубинной части четко выделялись слои, отличающиеся по цвету. В целом цвет

■
Контейнер и грунтонос извлечены из капсулы. Грунтонос плотно намотан на витки барабана. Для дальнейшей работы он должен быть перемоган на «улитку» — металлическую тарелку со спиральным желобом, в который укладывается грунтонос. Во время перемогки проводятся магнитометрические измерения для того, чтобы определить, как распределена примесь металлического лунного железа по глубине колонки грунта

■
Грунт на лотке (вид сверху)
Фото М. Я. Вольфовича



ИССЛЕДОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ НОВОЙ

Рентгеновская новая А 0620-00 была отождествлена с оптическим объектом («Земля и Вселенная», № 3, 1976, стр. 41.— *Ред.*). Исследования этого объекта проводились в Шемахинской астрофизической обсерватории АН АзербССР. В декабре 1975 года и январе 1976 года И. А. Асланов, Ю. С. Рустамов, И. Р. Салманов и А. А. Шакир-заде получили спектрограммы и прямые снимки этого интересного объекта. Спектры не показали сколько-нибудь ярких линий излучения или поглощения (кроме межзвездных).

Исследования А 0620-00 позволили сотрудникам Шемахинской обсерватории П. Р. Амнуэлю и О. Х. Гусейнову вернуться к высказанной ими в 1974 году гипотезе о физической природе рентгеновских новых. Согласно этой гипотезе, рентгеновские новые — двойные системы. Один из компонентов системы — нейтронная звезда или черная дыра, другой — маломассивная звезда позднего спектрального класса. Эта звезда еще не заполнила свою полость Роша и теряет вещество. Звездный ветер не может обеспечить большую рентгеновскую светимость. Той доли вещества, которая захватывается релятивистской звездой, достаточно лишь для того, чтобы загорался слабый рентгеновский источник со светимостью около 10^{34} эрг/с. Таких источников, по оценке П. Р. Амнуэля и О. Х. Гусейнова, должно быть в Галактике около 5000. Вещество, захватываемое релятивистской звездой, прежде чем достигнуть ее поверхности, собирается в диск. Масса его непрерывно растет, и наступает момент, когда она становится больше некоторого критического значения. Тогда часть массы диска оседает на поверхность релятивистского объекта, что и приводит к рентгеновской вспышке. Следующая вспышка происходит после нового накопления вещества в диске. Как следует из этой гипотезы, каждая рентгеновская новая должна всыхивать регулярно, причем интервал между вспышками зависит от величины звездного ветра и других параметров системы.

«Письма в «Астрономический журнал», 2, 8, 1976.

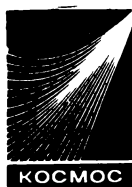
грунта коричневатого-серый, более темных и более светлых оттенков. Он значительно светлее грунта «Луны-16», но существенно темнее грунта «Луны-20». Наиболее светлым оказался слой крупнозернистого вещества, возможно, материкового происхождения, расположенный в глубинной части колонки в наиболее неоднородном по цвету участке разреза. Он сложен фрагментами и более мелкими обломочками светлоокрашенных кристаллических пород. Рядом с ним находятся слои более темные, относительно светлые и близкие по тону к реголиту верхней части разреза. Неоднородность колонки подтверждалась магнитометрическими измерениями и вторичными рентгеновскими снимками, сделанными уже на лотках. Они показали, что даже в видимо однородной части колонки присутствуют слои, обогащенные крупными фрагментами размером 2—4 мм. Таким образом, в целом колонка представляется слоистой, особенно в глубинной ее части, что подтверждено также и оптическими исследованиями. Можно сказать, что предполагаемый характер колонки грунта в общем согласуется с реальным ее разрезом.

Предварительный просмотр крупных фракций из отобранных на лотках проб реголита показывает, что в нем довольно много магматических пород базальтового типа и пород, близких к различным разновидностям габбро. Породы отличаются от тех, которые были в пробе «Луны-16», и совершенно непохожи на породы материкового типа «Луны-20». Проводимое исследование химического состава и распределения

редких элементов в породах и реголите должно дать сведения о петрохимическом облике пород и особенностях геохимической обстановки их формирования.

Детальное исследование пробы, доставленной «Луной-24», позволит полнее представить картину формирования и первичных магматических пород этого региона — судя по всему, они будут разнообразными, — и особенностей образования реголита в целом.

Безусловно, автоматическое взятие на Луне и доставка на Землю глубокой колонки лунного грунта, выполненное станцией «Луна-24», были успешными и вклад в наши знания о Луне, основанный на проводимых в настоящее время и предстоящих исследованиях, будет значительным. Помимо уже перечисленных геологических и петрологических задач необходимо дать ответ на вопросы о радиационном возрасте отдельных слоев колонки (то есть времени их существования на лунной поверхности), химизме реголита в целом и отдельных типов слагающих его пород, о возрасте пород, роли экзогенных процессов, влиянии солнечного ветра и космического излучения на частицы реголита.



Кандидат физико-математических наук
Н. Н. КРУПЕНИО

Грунт и ландшафт Венеры

Еще недавно редкая статья о Венере не обходилась без сетований астрономов на невозможность увидеть поверхность самой планеты. Убедившись в «несостоятельности» обычных телескопов, ученые пытались использовать для изучения Венеры инфракрасные и ультрафиолетовые лучи. Однако и здесь их постигла неудача — отраженное излучение этого диапазона формируется вблизи верхней границы ее облачного слоя, высота которого составляет около 60 км («Земля и Вселенная», № 1, 1974, стр. 33—37.— Ред.)

Первые сведения о поверхности Венеры принесли дистанционные методы радиофизики. Сквозь густые облака планеты смогли пробиться лишь радиоволны дециметрового диапазона. Тем не менее данные, полученные столь косвенными методами, были подтверждены непосредственными исследованиями с помощью советских автоматических межпланетных станций.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Советская автоматическая станция «Венера-7» была первым земным пришельцем, открывшим цикл измерений непосредственно на поверхности планеты. Сделать это оказалось нелегко, так как измерительная аппаратура должна работать в обстановке, близкой к условиям внутри горячего парового котла (температура 470° С, давление 92 атм).

Тем не менее ряд автоматических станций, осуществивших посадку на поверхность Венеры, успешно справились с этими трудностями. Так,

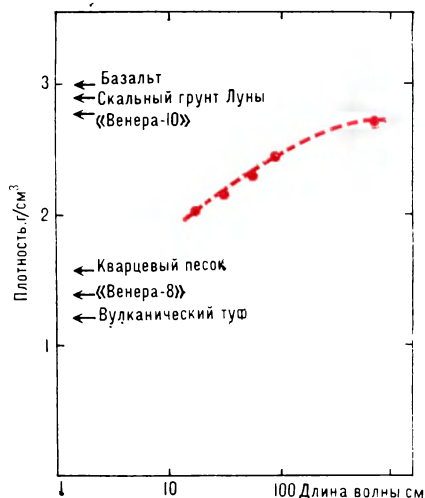
Веками поверхность Венеры была недоступной для наблюдений. Современные методы исследования позволили получить сведения о грунте планеты и установить, что в отличие от Меркурия, Земли, Марса и Луны, Венере присущ сглаженный равнинный ландшафт.

станция «Венера-8» проводила измерения и передачу с поверхности планеты в течение 50 минут. Кроме температуры и атмосферного давления приборы станции измерили концентрацию изотопа калия-40, а также радиоактивных элементов тория и урана.

Еще больший цикл исследований на поверхности планеты был проведен с помощью приборов, установленных на спускаемых аппаратах автоматических станций «Венера-9 и -10» («Земля и Вселенная», № 3, 1976, стр. 3—15.— Ред.). Они передали на Землю уникальные фотопанорамы, сведения о химическом составе и плотности венерианского грунта. По обилию изотопа калия-40, тория и урана грунт оказался близким к изверженным породам типа базальта и напоминает грунт лунных морей.

ПЛОТНОСТЬ ВЕНЕРИАНСКОГО ГРУНТА

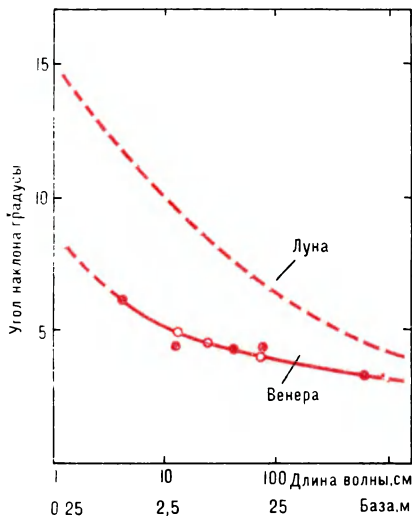
Применив для исследования гамма-радиационный метод, группа доктора физико-математических наук Ю. А. Суркова (Институт геохимии и аналитической химии АН СССР) провела измерение плотности грунта в месте



посадки спускаемого аппарата станции «Венера-10». Этот метод, заключающийся в измерении интенсивности гамма-излучения, отраженного от пород верхнего покрова планеты, был успешно применен еще в 1966 году при исследовании лунного грунта с помощью станции «Луна-13». Измерения показали, что плотность каменной плиты, на которую опущился датчик плотномера, равна 2,8 г/см³. Это также подтверждает базальтовую природу грунта Венеры.

Как известно, базальты — одна из главных пород земной коры, представляющих собой плотные каменные массы темного, почти черного цвета. В отличие от гранитов, содержащих значительное количество

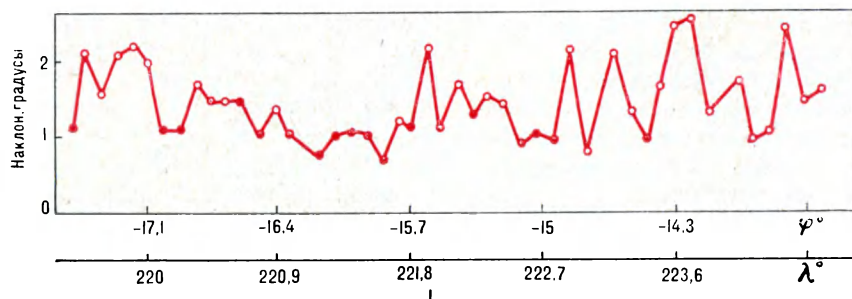
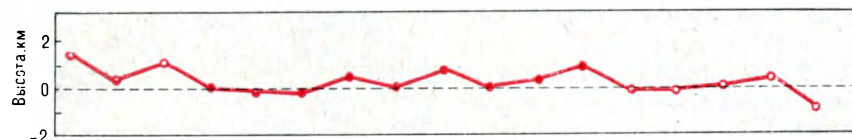
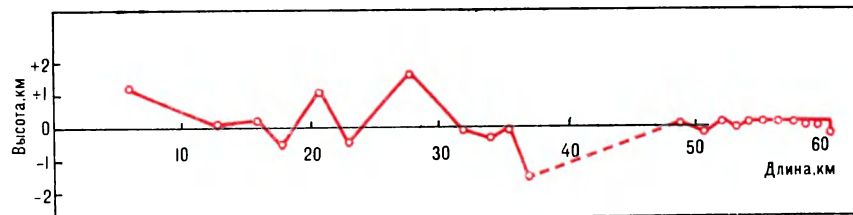
■
Плотность грунта Венеры по данным радиолокационных наблюдений. Для сравнения приведены величины плотности некоторых земных пород



кремнекислоты (свыше 70%), базальты характеризуются высоким содержанием оснований магния, железа и кальция, почему и относятся к основным породам. Содержание кремнекислоты в базальтах всего 45—52%. В зависимости от химического состава земные базальты имеют плотность 3,1—3,3 г/см³. Плотность лунных базальтовых пород составляет 2,8—3,3 г/см³. Очевидно, то же самое мы видим и на Венере.

Непосредственные исследования грунта Венеры подтвердили выводы, сделанные ранее с помощью дистанционных радиофизических методов. Как показали наземные радиоастро-

Средние углы наклона поверхности Венеры по данным наземных радиолокационных измерений. На графике видно, что рельеф Венеры ровнее лунного



номические измерения, грунт Венеры имеет диэлектрическую проницаемость (отношение силы взаимодействия точечных электрических зарядов в однородном диэлектрике) около 5, что соответствует плотности грунта порядка 2,4—2,5 г/см³. Радиолокационные наблюдения показали некоторую тенденцию роста плотности с глубиной, что может быть следствием естественного уплотнения грунта под действием собственного веса. Так, если первый метр поверхностного слоя планеты имеет среднюю плотность около 2,1 г/см³, то средняя плотность первых десяти метров составляет примерно 2,3 г/см³.

Радиолокационные исследования поверхности Венеры были проведены также советскими автоматическими станциями «Венера-8, -9 и -10».

На спускаемом аппарате станции

«Венера-8» был установлен радиолокационный импульсный радиовысотомер дециметрового диапазона ($\lambda_0=35$ см) для измерения высоты полета на участке спуска. На этом же участке измерялась интенсивность отражения радиоволн поверхностью планеты. Будь поверхность планеты идеально гладкой, по измеренной интенсивности можно было бы предположить плотность грунта 1,4

Профиль поверхности Венеры вдоль траектории спускаемого аппарата «Венера-8». Максимальный перепад высот на этом участке 3 км

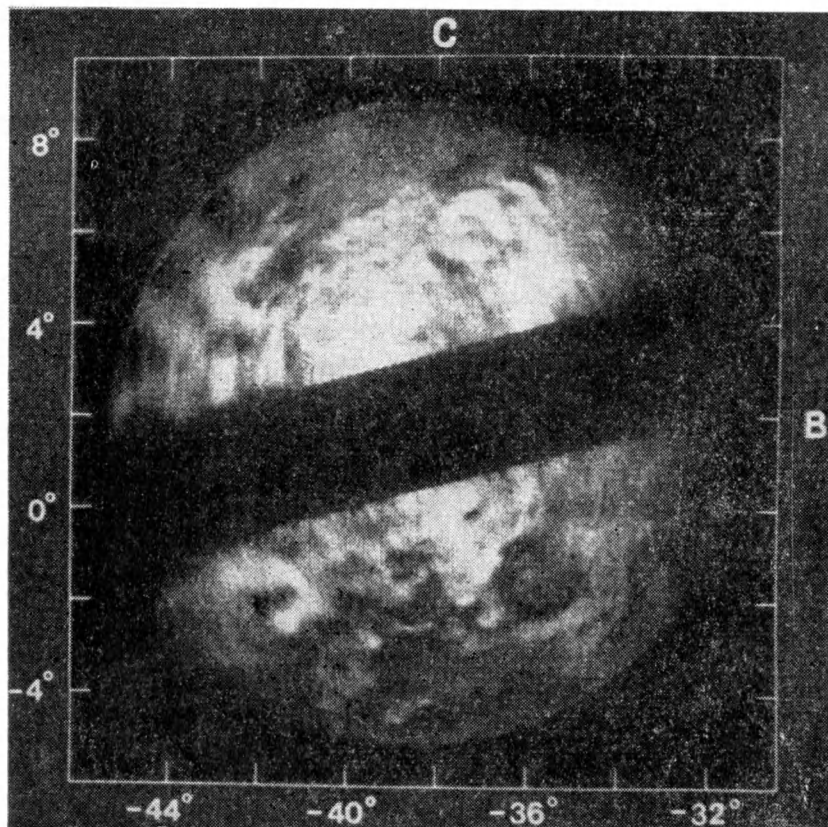
Профиль высот и значения средних углов наклона, измеренные вдоль одной из трасс полета искусственного спутника «Венера-10»

г/см³. При наличии шероховатости данное значение следует увеличить на 10—20%. Таким образом, по данным «Венеры-8» плотность грунта в районе посадки сравнительно невелика. Но как показали результаты определения плотности Луны и Марса, локальные значения плотности могут отличаться более чем в 3 раза. Вот почему нет ничего удивительного в том, что фактическая плотность в месте посадки оказалась ниже «среднепланетного» значения, определенное методом радиолокации.

КРУТИЗНА ВЕНЕРИАНСКИХ СКЛОНОВ

Измерение высоты полета на участке спуска станции «Венера-8» позволило определить его вертикальный профиль. Проекция этого участка на поверхность Венеры составила линию длиной 60 км. При этом был зарегистрирован перепад высот в 1,5 км на небольшом отрезке длиной всего 1,25 км,— очевидно, здесь обнаружен склон с крутизной поверхности около 52°. Таких крутых склонов не замечено ни на Луне, ни на Марсе. Так, максимальная измеренная крутизна склона на Луне составляет 40° (прямая стена). Еще более ровной выглядит поверхность Марса, где максимальные наклоны не превышают 2—3°.

Однако в целом, как показали радиолокационные исследования, Венера отличается более сглаженным рельефом, чем Луна и Марс. На планете не обнаружено сколь-либо высоких гор. Максимально измеренный перепад высот на трассе длиной до 6000 км не превышает 3—4 км, что примерно в 3 раза меньше, чем на

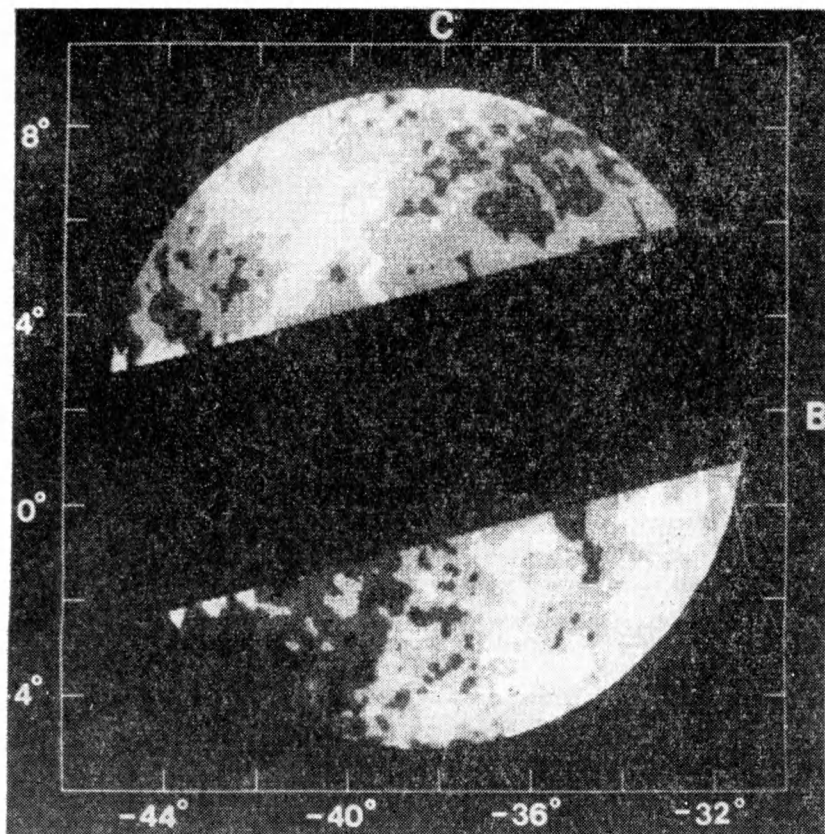


Луне, и в 4 раза меньше, чем на Марсе.

С искусственных спутников «Венера-9 и -10» были осуществлены эксперименты по бистатической радиолокации («Земля и Вселенная», № 5, 1974, стр. 42—46; № 2, 1975, стр. 21—28.— Ред.) в дециметровом диапазоне ($\lambda_0=32$ см). В отличие от обычной радиолокации, действующей на основе совмещенной приемо-передающей аппаратуры, бистатическая радиолокация обеспечивается приемной аппаратурой, находящейся на

Земле, и передатчиками, установленными на спутниках. Чувствительные приемники регистрируют как прямой сигнал, так и отраженный от поверхности планеты. Неровности поверхности планеты могут быть обнаружены путем анализа рассеяния отраженных радиоволн. Характер отражения их

■
Радиолокационная карта области Венеры диаметром около 1500 км с координатами центра $\varphi=+2^\circ$, $\lambda=-320^\circ$, полученная на длине волны $\lambda_0=12,5$ см



зависит от угла наклона поверхности, причем большие площади наклона фиксируются с помощью более длинных волн, волны короткой длины несут сведения о мелких неровностях рельефа. Для определения наклона поверхности выбираются базы — эффективные расстояния между двумя

■
Карта высот того же района Венеры. Градация по высоте равна 200 м. Видны круглые очертания крупных, но неглубоких кратеров

точками на поверхности планеты, кратные той или иной длине волны. Измерения, выполненные группой докторов технических наук М. А. Колосова и О. И. Яковлева (Институт радиотехники и электроники АН СССР), позволили определить перепады высот и значения средних углов наклона поверхности вдоль трасс около 2000 км на базах в несколько десятков метров. Предварительная обработка результатов показала, что данные измерений находятся в хо-

рошем согласии с результатами наземной радиолокации.

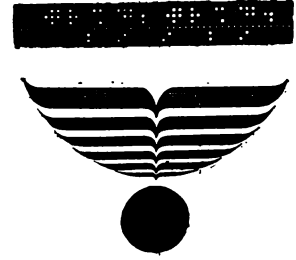
По данным измерений «Венеры-9 и -10» в исследованных районах максимальный перепад высот составил около 3 км, а средняя крутизна склонов на базах в несколько десятков метров не превышает 5°. Аналогичные данные, полученные в результате измерений на Луне, соответствуют относительно ровным лунным морям. Бистатическая радиолокация позволила выявить два характерных типа поверхности Венеры. Один из них с преобладанием углов наклона не более 1° соответствует, очевидно, венерианским «морям», другой — с углами более 2° — венерианским предгорьям или горным районам.

КРАТЕРЫ НА ВЕНЕРЕ

Применение радиолокационного метода к исследованию Луны показало возможность получать таким образом четкое представление о ее рельефе. Для сравнения были выбраны хорошо известные районы цирков Коперник и Тихо. Радиолокационные изображения этих районов почти тождественны. Это вселило уверенность в том, что радиолокация может быть успешно применена и для исследования рельефа других тел Солнечной системы.

Таким образом, с помощью наземной радиолокации удалось найти кратеры на Венере. Подвергнутый исследованию участок поверхности планеты имел диаметр 1500 км. На этом сравнительно небольшом участке оказалось более десятка кратеров размером от 35 до 160 км. Однако венерианские кратеры весьма мелкие по сравнению с лунными и марсианскими. Самый большой из них имеет глубину всего около 0,5 км.

Кратеры — свидетели бурного геологического прошлого планеты. Потoki раскаленной лавы не раз изливались на поверхность Венеры и, застывая, образовали мощный каменный покров. Сотрясения коры дробили этот покров, превращая его в обширные каменные россыпи, одну из которых удалось сфотографировать с помощью спускаемого аппарата станции «Венера-9».



НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРНОГО ПОТОКА С БОРТА САМОЛЕТА

Ранним утром 4 января 1976 года с борта самолета, двигавшегося, подобно челноку, над обсерваторией Спрингхилл (Канада) на высоте 40 тыс. футов (около 12 км), велись визуальные и спектральные наблюдения метеорного потока Квадрантид. На самолете были установлены два очень чувствительных спектрографа: один с полем зрения $18 \times 23^\circ$, другой — $40 \times 40^\circ$. Синхронно с ними работали два радиолокатора на поверхности Земли. Программа наблюдений была разработана научно-исследовательскими учреждениями США и Канады под руководством известных исследователей метеоров: американского ученого А. Кука, канадских ученых П. Миллмана и К. Хемневя («Sky and Telescope», 51, 4, 1976).

Калибровка звездных величин метеоров, зарегистрированных аппаратурой, проводилась на основании визуальных наблюдений. Радиолокаторы обеспечивали определение пространственной ориентации и высот метеоров. За четыре с небольшим часа было получено свыше 100 спектров метеоров 5—7-й звездной величины. Такие метеоры невозможно увидеть без бинокля. Еще недавно не удавалось сделать даже простых фотографий столь слабых метеоров, не говоря уже о спектрах, где суммарное слабое излучение распадается на ряд более слабых линий.

Почему Квадрантиды привлекли столь серьезное внимание ученых? Метеорный поток Квадрантид действует 3 или 4 января («Земля и Вселенная», № 6, 1968, стр. 82—83.—*Ред.*). Немногие наблюдатели — любители и специалисты — могут

похвастаться тем, что в морозные зимние ночи видели короткие, красноватые метеоры этого потока, и уж совсем немногие наблюдали его максимум, который длится всего несколько часов и часто приходится на светлое время суток. Те, кому посчастливилось, могли видеть до 100 метеоров в час.

Из-за трудностей наблюдений поток Квадрантид изучен плохо. Комета — родоначальница роя не известна. Она давно рассыпалась «в пыль и прах». Теперь вдоль всей ее орбиты вытянулся лишь рой мелких метеорных тел, остающийся по-прежнему очень тонким. Его толщина в районе земной орбиты, где мы встречаем рой в январе каждого года, около 2,5 млн. км, а в более плотной центральной части — 500—600 тыс. км. В 1 км^3 находится всего несколько сот частиц того размера, которые давали метеоры, зарегистрированные спектрографами.

Орбита роя Квадрантид необычна — она наклонена к плоскости эклиптики почти под прямым углом (72°). Двигаясь по орбите, частицы роя дважды за период обращения отклоняются от эклиптики на огромные расстояния — до 300 млн. км. Афелий орбиты лежит у самой орбиты Юпитера, и если бы не такое большоеклонение, Юпитер давно бы своим мощным возмущением распатал движение отдельных частиц и «растрепал» рой, так что он не остался бы таким тонким. Перигелий роя находится почти точно на орбите Земли. Незначительного изменения перигелийного расстояния достаточно, чтобы мы никогда не смогли наблюдать метеоры, кото-

рые порождаются частицами роя, влетающими в атмосферу Земли со скоростью 42,6 км/с. Погружаясь в этот рой, Земля ежегодно вычерпывает из него около 0,5 т метеорных тел.

В последние годы стало известно, что метеорные тела, проходящие вблизи Солнца, как будто бы становятся прочнее. Они хуже дробятся в земной атмосфере и потому достигают меньших высот (если рассматривать тела одной и той же массы). Таковы, например, Геминиды, Дельта-Аквариды, Эта-Аквариды, проникающие внутрь орбиты Меркурия. Предполагают, что дополнительную прочность метеорные тела получают под действием солнечной радиации. Метеорные тела Квадрантид не попадают даже внутрь земной орбиты, а между тем они оказываются такими же прочными. В чем причина? В особом химическом и минералогическом составе? Для выяснения этого вопроса и были организованы описанные выше наблюдения. Полученный обширный материал, не искаженный поглощением в нижних слоях атмосферы (поскольку наблюдения велись из стратосферы), возможно, прольет свет на природу этих метеорных тел. Но его анализ потребует длительной и напряженной работы. Пока можно сказать только, что в спектрах метеоров из потока Квадрантид обнаружены некоторые особенности, не отмечавшиеся ранее. Например, очень долго — в течение полета метеора вдоль всей его траектории — светится зеленая кислородная линия.

Кандидат физико-математических наук
А. И. СИМОНЕНКО

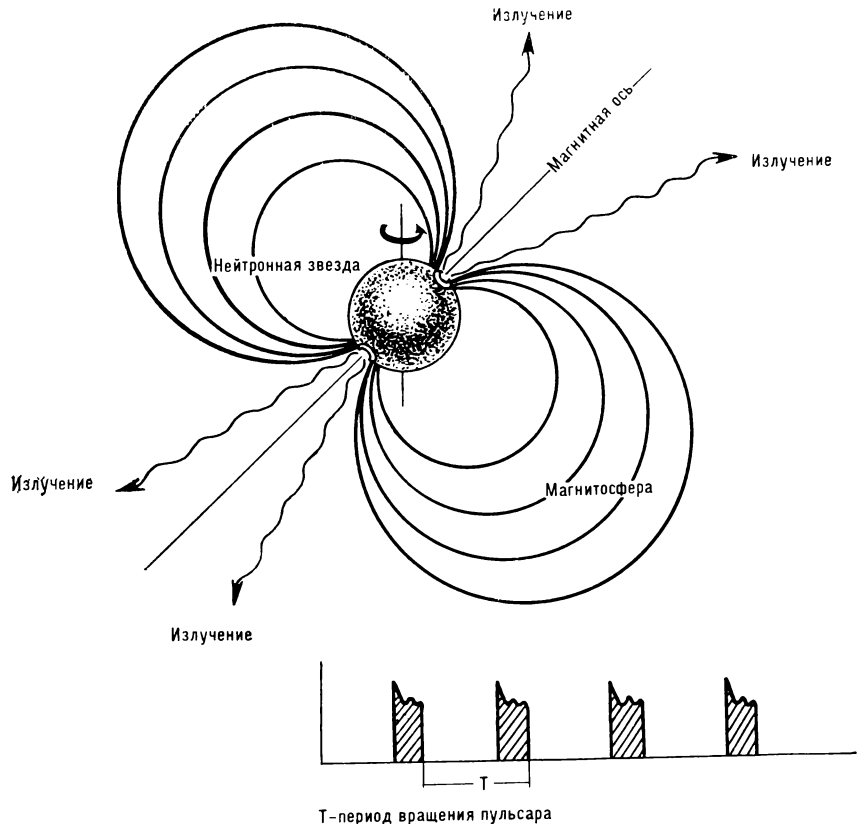
Рентгеновские пульсары

Большая часть открытых в последнее время рентгеновских источников — это пульсары. В отличие от радиопульсаров, они обладают очень разнообразными характеристиками.

ОДИНОЧНЫЕ И ДВОЙНЫЕ ПУЛЬСАРЫ

Первоначально пульсарами были названы космические источники строго периодического радиоизлучения. Их открыла в 1967 году группа английских радиоастрономов. За это открытие руководителю группы профессору Э. Хьюишу присуждена Нобелевская премия 1974 года по физике («Земля и Вселенная», № 5, 1975, стр. 56—60.—Ред.). К настоящему времени на разных обсерваториях мира обнаружено более 140 радиопульсаров. Наименьший период следования импульсов (примерно 0,033 секунды) имеет пульсар NP 0532, который находится в центре Крабовидной туманности — остатке Сверхновой, вспыхнувшей в 1054 году в нашей Галактике. Наибольший период (около 3,7 секунды) у радиопульсара NP 0525, расположенного на небесной сфере недалеко от NP 0532.

Радиопульсары представляют собой быстровращающиеся замагниченные нейтронные звезды — компактные, но массивные тела радиусом порядка десятка километров и массой около солнечной. Из-за сильного магнитного поля, достигающего у некоторых радиопульсаров 10^{12} — 10^{13} Гс, поверхность нейтронной звезды не является изотропным излучателем, как

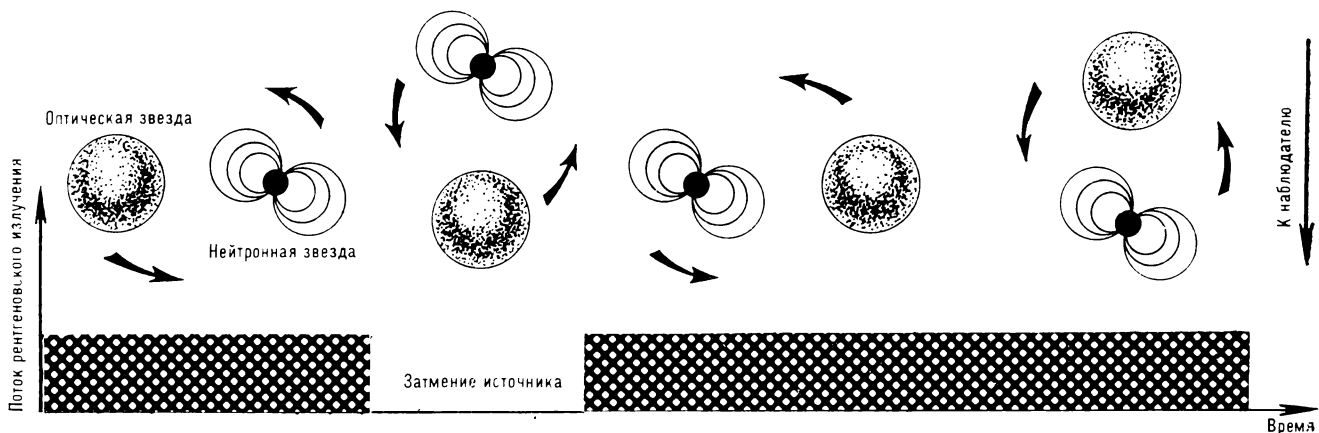


поверхность нашего Солнца и других обычных звезд. Радиоизлучение уходит узким, направленным пучком (например, из магнитных полюсов нейтронной звезды). Если магнитная

■ *Модель радиопульсара. Излучение формируется в области магнитных полюсов нейтронной звезды и уходит от нее двумя узкими пучками. Период следования импульсов равен периоду вращения нейтронной звезды*

ось пульсара не совпадает с осью вращения и при каждом обороте нейтронной звезды Земля попадает в конус диаграммы направленности излучателя, то земной наблюдатель увидит феномен пульсара. Здесь мы имеем полную аналогию с излучением вращающегося маяка.

Вращение не только модулирует поток излучения от пульсара. Кинетическая энергия вращения звезды является источником испускаемой пульсаром электромагнитной энер-



гии. Медленное увеличение со временем периода следования импульсов обусловлено уменьшением скорости вращения нейтронной звезды, то есть убылью ее вращательной энергии. Последняя, трансформируясь в энергию электромагнитного излучения и космических частиц, уносится в окружающее пространство.

Радиопульсары — преимущественно одиночные объекты. Пока известен лишь один радиопульсар, который входит в двойную систему. Он делает один оборот вокруг своего компаньона за 7 часов 45 минут. Период самого пульсара, то есть период вращения нейтронной звезды вокруг своей оси, составляет 0,059 секунды («Земля и Вселенная», № 3, 1975, стр. 70 — Ред.).

С запуском в 1970 году первого специализированного рентгеновского спутника «Ухуру» начались целенаправленные исследования неба в рентгеновском диапазоне. И первые же наблюдения привели к открытию двух рентгеновских пульсаров: Геркулес X-1 с периодом следования импульсов 1,24 секунды и Центавр X-3 с периодом 4,8 секунды.

Излучение рентгеновских пульсаров периодически «выключается». Это возможно в двойной системе, когда рентгеновский источник периодически затмевается соседней нормальной звездой. У рентгеновских пульсаров наблюдаются также регу-

лярные изменения частоты прихода отдельных импульсов, что обусловлено доплеровскими смещениями при движении пульсара по орбите. Часть периода, когда источник движется к наблюдателю, импульсы приходят чаще, при движении в обратном направлении — реже. Эти изменения происходят по синусоидальному закону. Значит, пульсары движутся по круговым орбитам, соответственно, с периодами обращения около 1,7 суток для Геркулеса X-1 и около 2,1 суток для Центавра X-3. С помощью наземных оптических телескопов были открыты и звезды-компаньоны пульсаров по двойным системам.

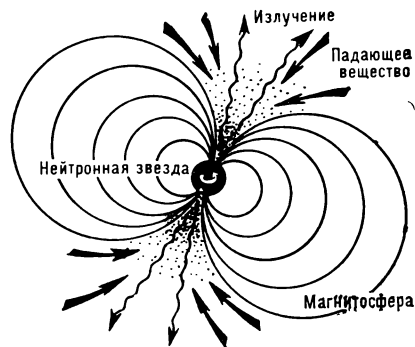
Рентгеновскими, как и радиопульсарами, оказались также быстровращающиеся замагниченные нейтронные звезды. Однако есть отличие в их механизмах излучения. Прежде всего заметный поток радиоизлучения у рентгеновских пульсаров отсутствует. И что самое главное: здесь мы имеем дело с совершенно иным механизмом энергетики. Если источник энергии радиопульсаров — их вращение, то у рентгеновских пульсаров излучение возникает в резуль-

тате выделения гравитационной энергии при падении (аккреции) на поверхность нейтронной звезды вещества, утерянного соседней нормальной звездой.

Маленькие, но массивные нейтронные звезды обладают громадным гравитационным потенциалом. Тяготение разгоняет падающее вещество вблизи поверхности нейтронной звезды до скорости, равной $1/3$ скорости света. При столкновении вещества с поверхностью нейтронной звезды выделяется энергия порядка $10—15\%$ от энергии покоя падающих частиц (mc^2). Эта величина в десятки раз превышает энерговыделение во время ядерных реакций. Расчеты показывают, что для обеспечения наблюдаемой светимости двойных рентгеновских источников ($10^{36}—10^{38}$ эрг/с) достаточно, чтобы на поверхность нейтронной звезды падало всего лишь $10^{-11}—10^{-9}$ солнечной массы в год. Оптические наблюдения соседних компонентов рентгеновских источников обнаружили, что эти звезды теряют вещество со скоростью $10^{-6}—10^{-5}$ солнечной массы в год. Аккреция даже малой части этого вещества на нейтронную звезду приводит к колоссальному выделению энергии.

Вблизи поверхности нейтронной звезды на характер движения вещества сильнейшее влияние оказывает ее дипольное магнитное поле. Оно направляет вещество вдоль силовых

■ *Изменение наблюдаемого потока рентгеновского излучения за один оборот двойной системы. Источник как бы «выключается» в момент его затмения оптической звездой*



линий к магнитным полюсам диполя. Здесь возникает ударная волна, в которой падающее вещество тормозится и его кинетическая энергия падения переходит в тепловую энергию хаотического движения частиц. Вещество в ударной волне нагрето до десятков миллионов градусов, а столь горячая плазма излучает энергию в рентгеновском диапазоне спектра. Если магнитная ось нейтронной звезды не совпадает с осью вращения, то наблюдается феномен пульсара: горячие пятна в области магнитных полюсов попеременно с периодом вращения нейтронной звезды будут излучать в сторону земного наблюдателя.

Подчеркнем еще раз отличие источников энергии одиночных радиопулсаров от двойных рентгеновских пульсаров. Первые черпают энергию из вращательной энергии нейтронной звезды, вторые — излучают за счет выделения гравитационной энергии при аккреции вещества на нейтронную звезду. Если радиопулсары замедляют свое вращение, то рентгеновские пульсары в двойных системах — ускоряют, то есть им дополнительно сообщается кинетическая энергия вращения. Это приводит к постепенному уменьшению периода следования импульсов со скоростью около 5 микросекунд в год для Геркулеса X-1 и 1000 микросекунд в год для Центавра X-3.

НОВЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ

Рентгеновские наблюдения, начатые на спутнике «Ухуру», успешно продолжались на других специализированных спутниках: «Коперник»,

«Ариэль-5», SAS-3. Именно с этих спутников было открыто большое число рентгеновских пульсаров с самыми разнообразными характеристиками. Так, рентгеновский источник в двойной системе Паруса X-1 (не путать с остатком Сверхновой Паруса X) с периодом обращения компонентов около 8,95 дня оказался пульсаром, период следования импульсов у которого примерно 283 секунды. Один из ярчайших рентгеновских источников, расположенный в Малом Магеллановом Облаке, ММО X-1 излучает импульсы примерно через 0,7 секунды. Этот источник также входит в двойную систему, период обращения которой 3,9 дня. Длительные наблюдения отдельных галактических источников выявили у них изменения рентгеновского потока с характерными периодами несколько минут и более. Например, излучение источника 3U 1813-14 пульсирует с периодом, равным почти 32 минутам. Сейчас еще нет однозначных доказательств двойственности этих объектов. (Такие доказательства получить весьма трудно, если плоскость орбиты системы

развернута к земному наблюдателю под большим углом и регулярные рентгеновские затмения не наблюдаются.) Однако, как полагают большинство исследователей, все рентгеновские источники входят в двойные звездные системы.

Наконец, одним из наиболее интригующих открытий последнего времени в рентгеновской астрономии оказались вспыхивающие длинно-периодические пульсары. Еще ракетные наблюдения неба в рентгеновском диапазоне обнаружили особый класс источников, которые внезапно появлялись на небесной сфере. Их светимость за несколько дней быстро возрастала, и на некоторое время (недели или даже месяцы) источники становились ярчайшими в рентгеновском диапазоне. Спутниковые наблюдения помогли установить, что такие объекты появляются довольно часто: в среднем открывают по десятку вспыхивающих рентгеновских источников за год. Они получили название новоподобных рентгеновских источников. Среди них и встречаются рентгеновские пульсары с очень длинными (по сравнению с пульсарами Геркулес X-1 и Центавр X-3) периодами следования импульсов. Так, в конце декабря 1974 года в созвездии Центавра вспыхнул рентгеновский источник с периодом 6,75 минуты. Источник, вспышка которого наблюдалась в конце апреля 1975 года в созвездии Тельца, имеет период около 104 секунды. Достигнув максимума блеска в мае, он начал уменьшать свой блеск и в начале июня 1975 года исчез. Велико же было удивление наблюдателей, когда он опять

Модель рентгеновского пульсара. Магнитное поле нейтронной звезды направляет вещество, стекающее с соседней нормальной звезды, в область магнитных полюсов. При столкновении вещества с поверхностью нейтронной звезды выделяется электромагнитная энергия в рентгеновском диапазоне спектра



появился в ноябре 1975 года, причем период его остался прежним.

Астрофизиков сразу же заинтересовало, почему рентгеновские пульсары имеют столь сильно отличающиеся периоды? Например, у очень похожих по своим оптическим характеристикам двойных рентгеновских систем Центавр X-3 и Паруса X-1 периоды вращения нейтронных звезд различаются почти в 100 раз. И в той, и в другой системе оптические звезды — голубые сверхгиганты — теряют свою массу примерно с одинаковым темпом.

Оказалось, что периоды вращения нейтронных звезд зависят, во-первых, от того, на какой стадии эволюции мы наблюдаем данную рентгеновскую систему, и во-вторых, от параметров звездного ветра и характеристик нейтронной звезды, особенно от напряженности ее магнитного поля. Наблюдаемый период рентгеновских пульсаров может быть весьма чувствительным индикатором магнитного поля нейтронной звезды. Чтобы пояснить это, рассмотрим эволюцию нейтронной звезды в двойной системе. В своей эволюции звезда проходит несколько этапов, которые сменяют друг друга по мере замедления вращения нейтронной звезды.

ЭВОЛЮЦИЯ НЕЙТРОННОЙ ЗВЕЗДЫ В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ

Первое время после своего образования нейтронная звезда в двойной системе проявляет себя как молодой одиночный радиопульсар. Она эффективно ускоряет космические лучи, давление ее электро-

магнитного излучения и космических лучей выталкивает вещество, истекающее с соседней звезды, далеко за пределы системы. Со временем так же, как и у одиночных радиопульсаров, вращение нейтронной звезды замедляется, что приводит к уменьшению излучаемого звездой потока энергии. Вещество соседней звезды уже не столь эффективно испытывает выталкивающее действие излучения пульсара. Постепенно оно заполняет двойную систему и может даже при определенной плотности поглощать радиоизлучение пульсара. В результате нейтронная звезда пропадает как радиопульсар. В известных двойных системах при типичных параметрах звездного ветра это происходит, когда период вращения нейтронной звезды увеличится до 0,05—0,1 секунды. (Под типичными параметрами подразумеваются плотность звездного ветра на орбите нейтронной звезды около 10^8 — 10^{10} частиц в 1 см^3 и скорость истечения порядка нескольких сотен километров в секунду.)

Несмотря на отсутствие импульсов радиоизлучения, нейтронная звезда продолжает ускорять частицы до тех пор, пока давление радиоизлучения с одной стороны и динамический напор звездного ветра с другой не станут равными на характерном расстоянии от пульсара порядка

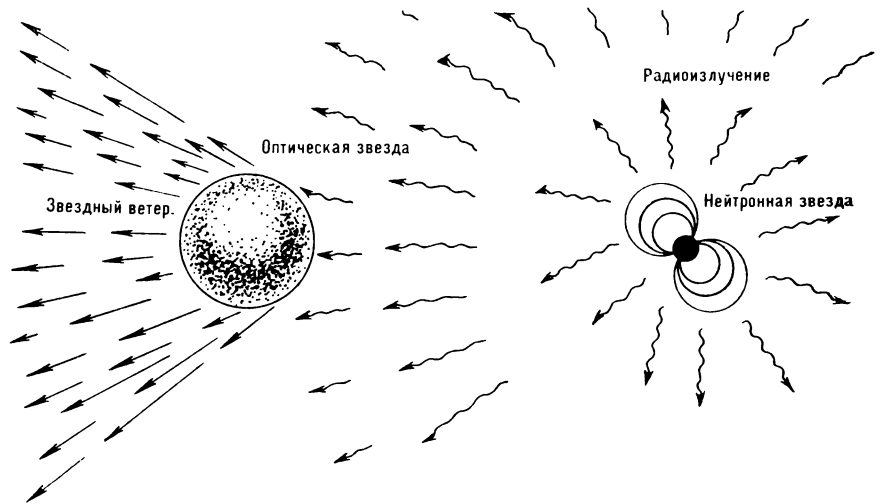
$$R = \frac{GM}{v^2}$$

(G — гравитационная постоянная, M — масса нейтронной звезды, v — скорость звездного ветра). На таком расстоянии вещество начинает испытывать действие сил гравитаци-

онного притяжения нейтронной звезды. Оценки показывают, что для этого пульсар должен увеличить свой период до 0,3—1 секунды. Постепенно вещество звездного ветра под влиянием сил тяготения приближается к нейтронной звезде, подавляя активность пульсара. Длительность фазы радиопульсара зависит от параметров звездного ветра, величины магнитного поля и может закончиться через 10^4 — 10^6 лет. Затем наступает фаза «пропеллера».

Приблизившись к нейтронной звезде, вещество, однако, не может достигнуть ее поверхности. Магнитное поле препятствует падению вещества. Оно «останавливает» вещество на том расстоянии от нейтронной звезды, где плотности энергии магнитного поля и кинетической энергии вещества одинаковы по величине.

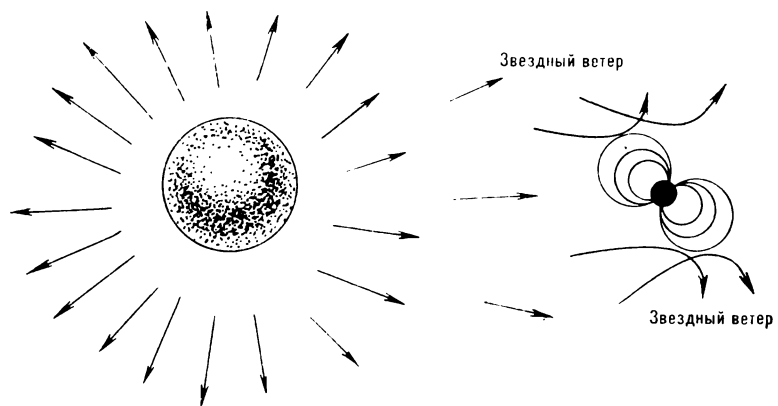
Центробежная сила на «радиусе остановки» сначала значительно превышает силу гравитационного притяжения, и вещество будет выбрасываться обратно, отнимая у звезды ее энергию вращения и угловой момент. Это вещество сталкивается с новыми порциями падающего газа и передает ему энергию. Вблизи нейтронной звезды возникают сложные вихревые движения: вещество приближается к нейтронной звезде по одним секторам и удаляется по другим. Аналогичная ситуация наблюдается, когда в какой-то среде быстро вращается пропеллер, со стороны которого на частички среды действуют силы притяжения. Налетая на пропеллер, частички получают импульс и стремятся улететь от него. Но силы притяжения возвра-



щают их обратно. Вот почему вторая фаза эволюции нейтронной звезды в двойной системе названа фазой «пропеллера».

Находясь в фазе «пропеллера», нейтронная звезда продолжает замедляться, и в конце концов наступает момент, когда центробежные силы становятся меньше гравитационного притяжения. Вещество начинает падать на поверхность нейтронной звезды вдоль магнитных силовых линий, достигая поверхности вблизи магнитных полюсов.

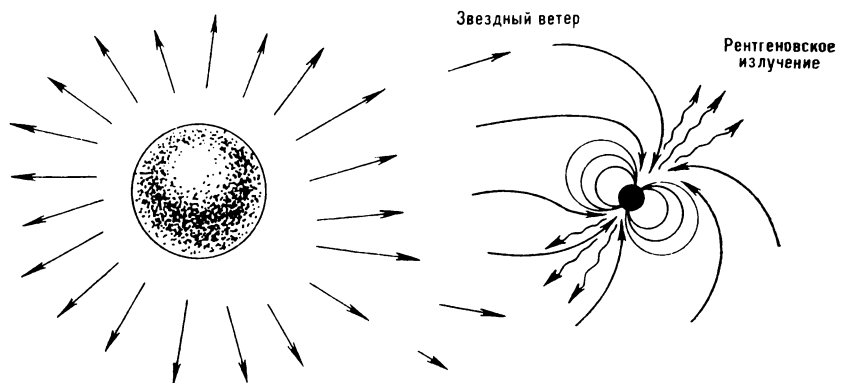
Не прибегая к сложным расчетам, можно качественно оценить, как зависит период, при котором наступает аккреция вещества на поверхность нейтронной звезды, от величины ее магнитного поля. Очевидно, чем больше магнитное поле нейтронной звезды, тем на большем удалении тормозится падающее ве-



Стадия радиопульсара. Давление излучения нейтронной звезды «выметает» стекающее с поверхности соседнего компонента вещество за пределы двойной системы

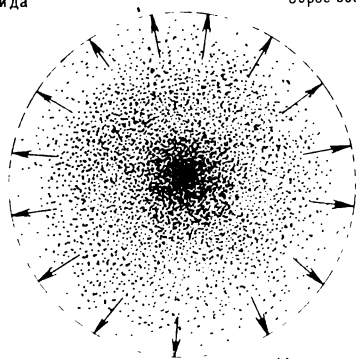
Стадия «пропеллера». Часть звездного ветра достигает магнитосферы нейтронной звезды и выбрасывается оттуда под действием центробежных сил. Нейтронная звезда на этой стадии не излучает

Стадия рентгеновского пульсара наступает после существенного замедления вращения нейтронной звезды. Вещество, захваченное ее магнитосферой, выпадает на поверхность звезды, что и приводит к выделению энергии в рентгеновском диапазоне



Мирида

Сброс оболочки



щество. Но при твердотельном вращении центробежная сила увеличивается с расстоянием. Следовательно, для того чтобы вещество смогло проникнуть в область магнитных полюсов, нейтронная звезда с мощным магнитным полем должна замедлиться сильнее. Однако чем выше плотность и скорость падающего вещества, тем ближе к поверхности нейтронной звезды тормозится магнитным полем вещество, а более мощный поток аккрецирующего вещества прорвется к поверхности нейтронной звезды при меньших периодах. Фаза «пропеллера» длится 10^4 — 10^5 лет, после чего звезда вступает в заключительную фазу своей эволюции.

Расчеты показывают, что при величине магнитного поля 10^{11} — 10^{12} Гс и светимости 10^{37} — 10^{38} эрг/с нейтронная звезда загорится как **рентгеновский пульсар**, когда ее период увеличится до 1—10 секунд. Падение вещества на поверхность звезды приводит к выделению гравитационной энергии в горячих пятнах, расположенных около магнитных полюсов. Эта энергия почти вся излучается в рентгеновском диапазоне спектра. Таким образом, рентгеновские пульсары Геркулес X-1 и Центавр X-3, которые имеют периоды и светимости в указанных выше пределах, находят свое естественное объяснение.

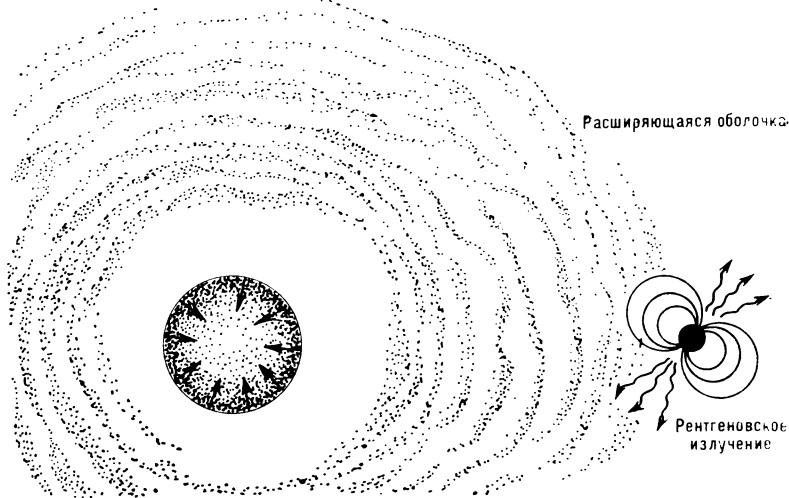
С наступлением аккреции период вращения нейтронной звезды перестает увеличиваться. Если параметры звездного ветра и, следовательно, скорость аккреции остаются неизменными, то не меняется и период пульсара, при котором вещество на-

чинает падать в область магнитных полюсов.

Попытаемся теперь объяснить природу двойной системы Паруса X-1, где рентгеновский пульсар имеет период 283 секунды. Предположим, что у поверхности нейтронной звезды магнитное поле составляет 10^{14} — 10^{15} Гс. Хотя эта величина больше чем в 100 раз превышает обычно принимаемое значение для напряженности магнитного поля нейтронных звезд, никаких принципиальных ограничений для таких полей не существует. Может возникнуть вопрос:

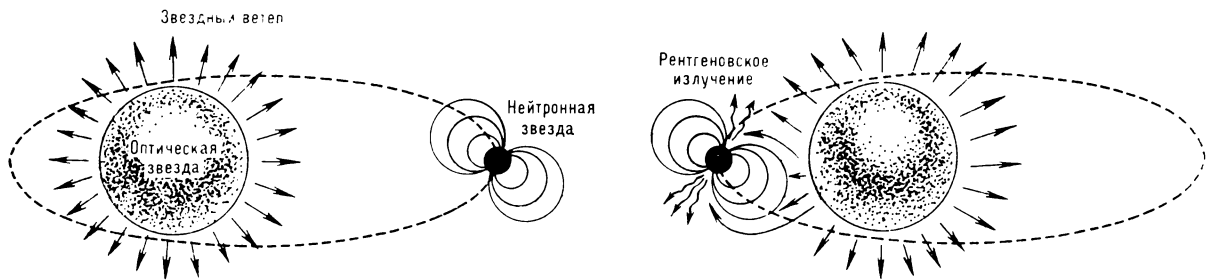
■ *Нейтронная звезда в паре с пульсирующей звездой — миридой. В момент максимального расширения пульсирующая звезда сбрасывает оболочку. Вещество расширяющейся оболочки падает на поверхность нейтронной звезды, порождая рентгеновское излучение*

Расширяющаяся оболочка



почему же мы не наблюдаем одиночных радиопулсаров с периодами несколько секунд и полем выше 10^{13} Гс? Таких радиопулсаров и не должно быть! Обладая сильным магнитным полем, пульсар быстро теряет свою вращательную энергию и быстро (по сравнению с обычным радиопулсаром) замедляет период вращения до сотен секунд. Обнаружить подобные пульсары практически невозможно — они излучают слишком мало энергии.

Но есть и другое объяснение, которое не требует сверхмощных магнитных полей. Возможно, нейтронная звезда в системе Паруса X-1 появилась тогда, когда соседний компонент был звездой главной последовательности. Не исключено, что в это время ее звездный ветер был значительно меньше того, который наблюдается у нее сейчас.



Но чтобы в слабом звездном ветре началась аккреция, необходимо замедлить вращение звезды до периодов в сотни и даже тысячи секунд. Однако при малой плотности вещества скорость аккреции ничтожна и светимость аккрецирующей нейтронной звезды мала. Такая ситуация существует лишь до тех пор, пока оптическая звезда находится на главной последовательности. Как только она становится голубым сверхгигантом, скорость истечения звездного ветра возрастает, что приводит к увеличению скорости аккреции, и нейтронная звезда загорается как яркий рентгеновский пульсар с периодом в сотни секунд.

Выбор между двумя, столь различными величинами магнитных полей рентгеновских пульсаров могут дать дальнейшие наблюдения системы Паруса X-1. Если нейтронная звезда в этой системе обладает «нормальным» магнитным полем, то в настоящее время рентгеновский пульсар должен ускорять свое вращение примерно на 1 секунду в год. Если же наблюдения покажут, что период испытывает небольшие колебания относительно среднего значения, тогда нейтронная звезда в Парусах X-1 имеет магнитное поле порядка 10^{14} — 10^{15} Гс.

НОВОПОДОБНЫЕ ИСТОЧНИКИ КАК ДВОЙНЫЕ СИСТЕМЫ

Английские астрономы, открывшие новоподобный рентгеновский пульсар с периодом 6,75 минуты в созвездии Центавра, обнаружили в его «квадрате ошибок» переменную звезду RS Центавра, период измене-

ния блеска которой около 144 суток. Эта звезда по своим характеристикам относится к интересному классу звезд типа о Кита — красных холодных сверхгигантов. Их размеры нередко превышают диаметр земной орбиты, а блеск меняется почти в 100 раз с периодом в сотни дней. Сама звезда о Кита из-за таких колебаний блеска была названа Мирю (что значит «удивительная»), а звезды, подобные ей, стали называться миридами. Мириды — пульсирующие звезды, которые в моменты максимального расширения выбрасывают в окружающее пространство значительное количество вещества.

Английские астрономы предположили, что мирида RS Центавра и нейтронная звезда составляют двойную систему с периодом обращения несколько лет. Аккреция небольшой части вещества, выброшенного в момент максимального расширения звезды, и должна приводить, по их мнению, к рентгеновской вспышке нейтронной звезды. Очевидно, что в этой модели рентгеновский источник будет регулярно вспыхивать через промежутки времени, равный периоду колебаний мириды. Таким образом, равенство периодов изменения блеска мириды и повторные появления новоподобного источника однозначно подтвердили бы предлагаемую модель.

Нейтронная звезда на сильно вытянутой орбите в двойной системе. Рентгеновское излучение появляется в момент прохождения нейтронной звездой периастры своей орбиты. В это время она находится в плотном потоке звездного ветра, истекающего с соседнего компаньона

Разработана еще одна модель новоподобных источников. В этой модели нейтронная звезда движется вокруг обычной звезды по сильно вытянутой эксцентричной орбите. (Эксцентриситет у орбиты двойной системы может появиться во время взрыва сверхновой, которым сопровождается рождение нейтронной звезды.) В периастре такой орбиты нейтронная звезда подходит ближе к своему компаньону и проникает в более плотные слои звездного ветра, истекающего с нормальной звезды. В эти моменты увеличивается аккреция на нейтронную звезду и возрастает ее рентгеновская светимость. Так как звезда в периастре орбиты находится лишь незначительную долю периода обращения, то при большом эксцентриситете орбиты моменты между повторными включениями новоподобных источников могут оказаться весьма длительными. Обсуждаемая модель весьма напоминает движение кометы в гравитационном поле Солнца, но увеличение рентгеновского «блеска» нейтронной звезды по мере приближения ее к соседнему компоненту в миллиарды раз эффективнее, чем увеличение блеска кометы с приближением к Солнцу.

В описанных моделях все новоподобные источники должны повторяться. Пока наблюдались повторные вспышки всего двух источников. Для выяснения природы новоподобных рентгеновских источников и возможного выбора между предложенными теоретическими моделями необходимы дальнейшие одновременные рентгеновские и тщательные оптические наблюдения.



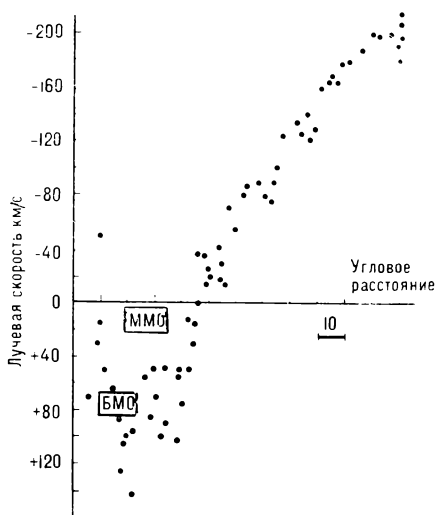
Магелланов поток

Оговоримся сразу: великий путешественник к открытию Магелланова потока прямого отношения не имеет. Но его именем названы две небольшие галактики: Большое и Малое Магеллановы Облака. Они видны невооруженным глазом в Южном полушарии и были впервые описаны одним из участников экспедиции Магеллана. С этими галактиками и связан обнаруженный Магелланов поток.

Поскольку речь пойдет о газовом образовании, напомним, где в космическом пространстве наблюдается скопление больших масс разреженного газа.

Прежде всего, такой газ есть в галактиках спирального и неправильного типа. В межзвездном пространстве нашей Галактики (спиральной) содержится, например, несколько миллиардов солнечных масс разреженного газа. Около 70% газа составляет водород — самый распространенный химический элемент во Вселенной. Разреженный нейтральный водород излучает радиоволны с длиной волны около 21 см, и его излучение позволяет обнаружить газ с больших расстояний — даже в далеких галактиках. Точно измеряя длину волны излучения, радиоастрономы могут по эффекту Доплера определить лучевую скорость газа, то есть скорость, с которой газ приближается или удаляется от нас. Наблюдения показывают, что газ принимает участие во вращении Галактики и сосредоточен главным образом в области Млечного Пути — вблизи экваториальной плоскости Галактики. Это естественно объясняется тем, что газ притягивается звездами и давно

«Магелланов поток» — так назвали длинную неровную полосу нейтрального водорода, протянувшуюся почти на полнеба. Находится этот газ за пределами нашей Галактики.



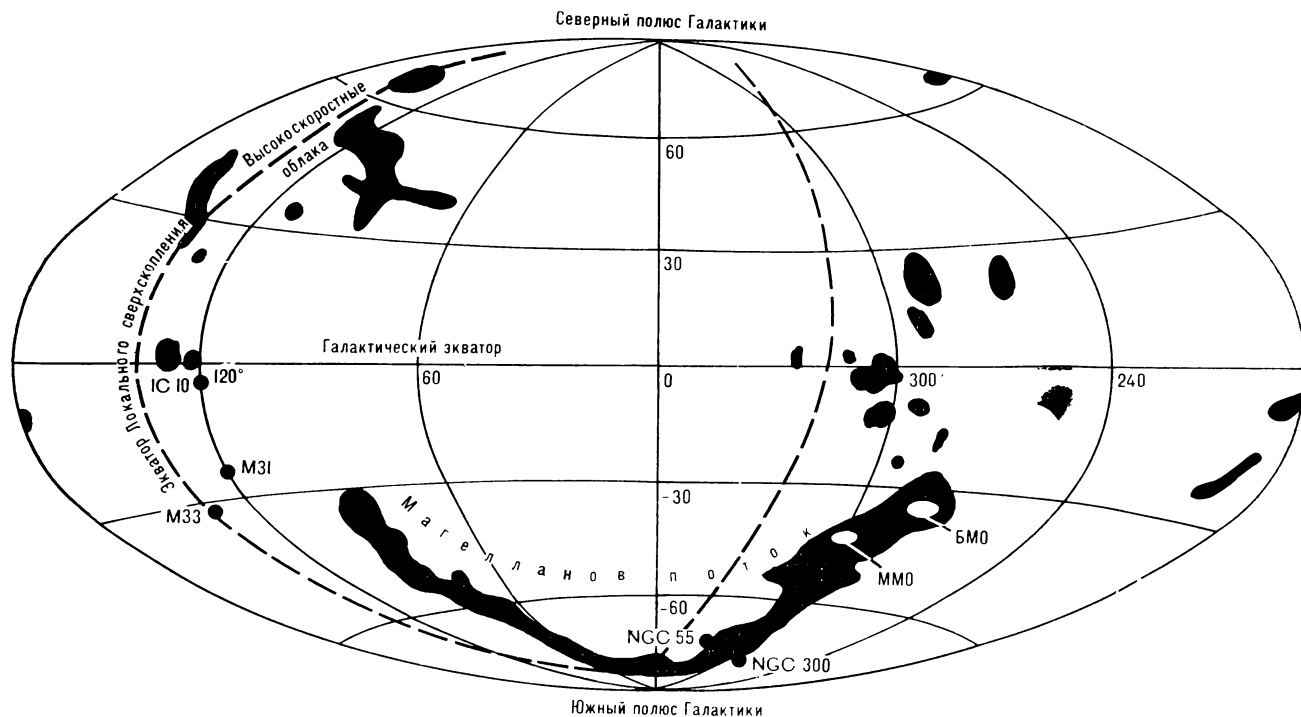
уже сконцентрировался там, где звезд больше, — в звездном диске Галактики, располагаясь на таком расстоянии от ее центра, на котором ему позволяет находиться закон со-

■
Лучевая скорость отдельных участков Магелланова потока (по работе Д. Мэтьюсона, М. Клири и Дж. Муррея). Отрицательный знак скорости соответствует тем элементам газа, которые приближаются к нам. На диаграмме указано положение Большого и Малого Магеллановых Облаков

хранения момента вращения. Правда, десятки отдельных облаков газа найдены и очень далеко от плоскости Галактики. Они отличаются большими скоростями, иногда превышающими 200 км/с, и поэтому получили название высокоскоростных облаков. Об их природе до сих пор ведутся горячие споры, но само их существование говорит о том, что поиски разреженного газа должны охватить все небо.

Несколько лет назад радиоастрономы обсерватории в Парксе (Австралия) начали обзор южного неба, пытаясь разыскать слабое излучение нейтрального водорода на высоких галактических широтах. То, что они обнаружили, явилось неожиданностью. Вместо отдельных редких «клочков» высокоскоростного газа вдали от Млечного Пути был открыт очень длинный водородный «рукав», который тянется от Магеллановых Облаков через Южный полюс Галактики. Правда, в районе Южного галактического полюса водород наблюдался и раньше, но никто не представлял, что это лишь часть длинной газовой «дорожки». О своем открытии радиоастрономы Д. Мэтьюсон, М. Клири и Дж. Муррей впервые сообщили в 1973 году на Международном астрономическом симпозиуме в Канберре.

Этот длинный водородный «рукав» и был назван Магеллановым потоком. Он находится за пределами Галактики, хотя бы потому, что без сомнения связан с Магеллановыми Облаками. К сожалению, расстояние до его отдельных элементов не известно. Не ясно даже, как можно непосредственно измерить это расстоя-



ние. Столь же неопределенной остается и полная масса газа потока. Можно получить лишь ориентировочные цифры. Так, если считать, что весь водород в Магеллановом потоке расположен на таком же расстоянии, как и Магеллановы Облака (около 180 тыс. световых лет), то его полная масса составит примерно миллиард масс Солнца! Это примерно равно суммарной массе газа, находящегося сейчас в Магеллановых Облаках, вместе взятых. Почти половина газа потока содержится в области между Большим и Малым Магеллановыми Облаками. Ширина Магелланова потока на расстоянии 180 тыс. световых лет составляет в среднем около 10 тыс. световых лет, поэтому плотность газа в нем невелика — раз в 100 меньше, чем в окрестности Солнца. Когда измерили лучевую скорость газа, то оказалось, что она непрерывно меняется вдоль Магелланова потока и отличается на его концах более чем на 200 км/с. Получается, что Магелланов поток не просто газовый «рукав», а действительно поток газа, который движется с не-

прерывно меняющейся скоростью. Возможно, это изменение скорости полностью или частично связано с притяжением газа нашей Галактикой.

Как же объяснить происхождение самого Магелланова потока? На этот вопрос пока не получено достаточно убедительного ответа. Большинство астрономов сходится на том, что появление «потока» связано с частичным разрушением Магеллановых Облаков. Австралийские ученые А. Калнажс и Н. Туп объясняют изменение лучевой скорости вдоль Магелланова потока тем, что вещество потока распределено вдоль гиперболической траектории и движется, согласно законам небесной ме-



Карта неба, на которой обозначены положения Магелланова потока, скопления высокоскоростных облаков, а также некоторых близких галактик (по работе Д. Мэгьюсона, М. Клайри и Дж. Муррея). Обычный межзвездный газ, имеющий небольшую скорость и концентрирующийся к плоскости Галактики здесь не показан

ханики, в гравитационном поле нашей Галактики. Магеллановы Облака как бы «теряют» вещество, которое продолжает двигаться по орбите, как движутся остатки разрушающихся комет в Солнечной системе. Правда, это предположение встречается с большими трудностями. Трудно понять, например, почему лучевая скорость Магеллановых Облаков заметно отличается от скорости газа в длинном рукаве Магелланова потока.

Тем не менее сама идея о происходящем «на глазах» разрушении Магеллановых Облаков представляется весьма плодотворной. Эти галактики пространственно близки друг к другу, и почти невероятно, чтобы они наблюдались рядом лишь случайно. Скорее всего, они образуют двойную систему и всегда находились недалеко друг от друга. Но масса этих галактик, определенная по их вращению, по-видимому, недостаточно велика для того, чтобы силы гравитации удерживали их. Было высказано предположение, что мы наблюдаем распад двойной системы, некогда более компактной и массивной. Причиной разрушения мо-



жет быть влияние нашей Галактики, которое было особенно сильным в прошлом, когда Магеллановы Облака находились ближе к Галактике (сейчас Магеллановы Облака удаляются от нее). Если они сотни миллионов лет назад проходили через периферийные области нашей Галактики, то возможен не только «отрыв» галактик друг от друга, но и частичное их разрушение. Разрушаются галактики под действием приливных сил, неизбежно возникающих

■
Большое (слева) и Малое Магеллановы Облака — ближайшие к нам из известных галактик. Они удалены от нашей Галактики на 150—180 тыс. световых лет, а расстояние между ними не превышает 60 тыс. световых лет. Возможно, эта пара галактик находится в состоянии распада. В Магеллановых Облаках много молодых звезд и межзвездного газа. Разреженный газ обнаружен также между ними и вокруг них

из-за неоднородности гравитационного поля в том случае, когда звездные системы проходят вблизи друга друга. Действие этих сил сказывается на форме многих взаимодействующих галактик, которые наблюдаются на близком расстоянии друг от друга, хотя вряд ли все «странности» форм таких галактик можно свести к приливным силам. Быстродействующие ЭВМ позволяют рассчитывать, моделировать процесс гравитационного взаимодействия звездных систем. Эти расчеты показывают, что при некоторых условиях в результате взаимодействия у сблизившихся галактик могут появиться длинные «выбросы» вещества — хвосты и перемычки, подобные наблюдающимся в действительности.

Расчеты взаимодействия между нашей Галактикой и Магеллановыми Облаками производились еще до открытия Магелланова потока. Правда, расчеты эти не особенно надежны, потому что мы знаем только

лучевые, а не полные скорости Магеллановых Облаков, и для «построения» их орбиты вокруг Галактики требуется привлечение дополнительных предположений. Тем не менее расчеты представляют большой интерес.

Американский астроном А. Тумр пришел к выводу, что Малое Магелланово Облако около 500 млн. лет назад прошло через точку своей орбиты, ближайшую к центру Галактики и удаленную примерно на 20 кпс от него. При этом Малое Магелланово Облако должно было «потерять» часть своей массы и «обзавестись» длинным «выбросом». Направление его, ожидаемое по расчетам, отличается на 40° от направления Магелланова потока. Такое расхождение не представляется слишком большим, если учесть степень неопределенности оценок величин, знание которых необходимо для вычислений. Расчеты М. Клаттона-Брока (США) и А. Райта (Ан-



тля) подтвердили возможность существования длинного рукава приливного происхождения, направленного от Магеллановых Облаков к Галактике.

Казалось бы, Магелланов поток перестал быть загадкой. Однако кое-что осталось неясным. С теорией не согласуются наблюдаемые лучевые скорости газа вдоль Магелланова потока — они превышают по абсолютной величине те скорости, которые получались в расчетах приливного возмущения. Например, на самом конце Магелланова потока находится газ, приближающийся к Галактике со скоростью более 210 км/с, в то время как по расчетам Клаттона-Брока и Райта эта скорость должна быть равна всего лишь около 30 км/с. Чтобы объяснить расхождение оценок, известный голландский астрофизик Я. Оорт предположил, что на движение газа Магелланова потока влияет не только гравитация. Он меняет свою скорость и в результате взаимодействия с разреженным межгалактическим газом (плотность порядка сотни атомов водорода в 1 м^3), существование которого в Местной группе галактик уже давно предполагалось. Межгалактический газ, «оседающий» на нашу Галактику, тормозит движение вещества Магелланова потока и как бы сдувает его в нашу сторону, увеличивая тем самым его лучевую скорость. Газовый поток, таким образом, может достигать Галактики и как перемичка связывать ее с соседними звездными системами — Магеллановыми Облаками.

Заметим, что перемички между близкими галактиками — довольно

распространенное явление. Но если их образование вызвано гравитационными силами, то в состав перемичек должен входить не только газ, но и звезды, поскольку гравитация действует на них тем же образом. Значит, в Магеллановом потоке можно ожидать присутствия многочисленных звезд, выброшенных приливными силами из Большого или Малого Магеллановых Облаков. Пока звезды не обнаружены, но в этом нет ничего удивительного: задача поиска очень далеких, а следовательно, и очень слабых звезд, имеющих к тому же крайне низкую пространственную плотность, чрезвычайно сложна. Если звезды (или скопления звезд, которые проще заметить) удастся найти, гипотеза приливного происхождения Магелланова потока получит весомое подтверждение. Но газ и звезды в Магеллановом потоке движутся по-разному, так как разреженная межгалактическая среда может изменить скорость газового потока, но не может повлиять на звезды. «Звездный» рукав может не совпадать с газовым, что дополнительно затруднит поиск звездной составляющей Магелланова потока.

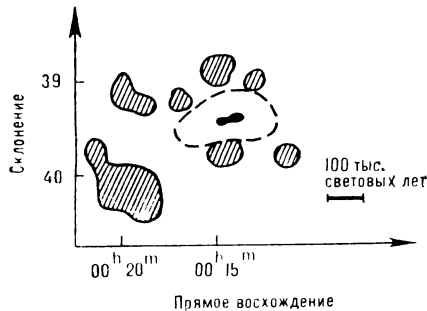
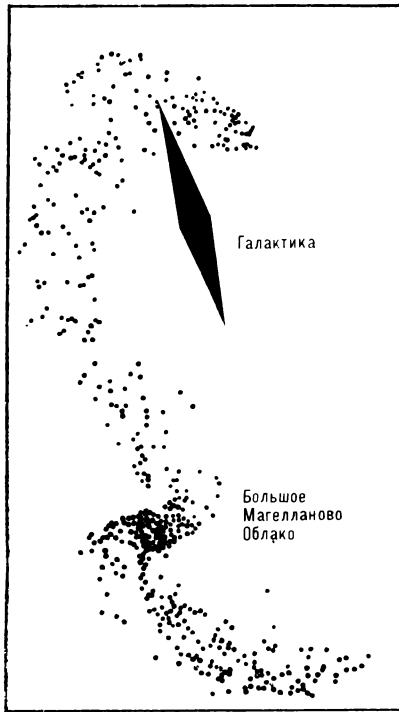
Однако и предположение Оорта о влиянии межгалактической среды на газ Магелланова потока встречается с большими трудностями. Первооткрыватели потока Мэтьюсон, Клири и Муррей отметили, что с межгалактической средой сильнее взаимодействовали бы разреженные части потока (его плотность неоднородна), а более плотные области дольше сохраняли бы ту скорость, которую газу сообщили силы грави-

тации. Но наблюдения показывают, что такой эффект отсутствует. Быть может, магнитное поле связывает газ воедино?

Мэтьюсон, Клири и Муррей высказали другое предположение: вещество потока состоит из газа, который раньше входил в газовую оболочку, окружающую Большое и Малое Магеллановы Облака. Газ в оболочке слабо удерживается галактиками, и Магелланов поток, возможно, образовался лишь в результате «выметания» газа из двойной системы Большое Магелланово Облако — Малое Магелланово Облако под напором межгалактической среды, в которую попали эти галактики. Но тогда звезд в Магеллановом потоке быть не должно.

К сожалению, нам еще плохо известны плотность межгалактического газа и его распределение в окрестности галактик. Важную роль в изучении межгалактического газа могут сыграть недавние открытия отдельных облаков нейтрального водорода вблизи некоторых галактик. Эти облака можно назвать газовыми спутниками галактик: на фотографиях на их месте обычно не заметно никаких следов звездных систем. Правда, газовый спутник одной из близких к нам спиральных галактик (M 81) удалось отождествить с небольшой галактикой неправильного типа, масса которой примерно того же порядка, что и Большого Магелланова Облака.

Две галактики с газовыми спутниками наблюдаются и в направлении Магелланова потока. Это — NGC 300 и NGC 55. В действительности с Магеллановым потоком они совсем не



Теоретически возможный «выброс» вещества из Большого Магелланова Облака в результате гравитационного взаимодействия с нашей Галактикой (расчеты А. Райта)

Газовые облака (заштрихованы) в окрестности галактики NGC 55. Темное пятно — оптически наблюдаемая часть галактики, пунктирная линия — граница, до которой прослеживается в галактике нейтральный водород

связаны и находятся от нас раз в 50 дальше, чем поток. Размеры облаков-спутников в ряде случаев превышают оптические размеры галактик. Самые большие облака содержат более 100 млн. солнечных масс разреженного водорода. Но вряд ли они состоят только из разреженного газа. Есть косвенные данные, говорящие о том, что газа в них меньше половины всего вещества. Скорее всего, основная масса этих облаков заключена в звездах. Найти следы их присутствия — весьма актуальная задача.

Наблюдения межгалактических газовых облаков могут помочь и решению проблемы происхождения Магелланова потока, а может быть, и высокоскоростных облаков. Дело в том, что большинство галактик с известными газовыми спутниками, а также большинство высокоскоростных облаков и, наконец, Магелланов поток находятся на небе вблизи большого круга, плоскость которого называется плоскостью симметрии Локального сверхскопления. Локальное сверхскопление — это область пространства в несколько десятков мегапарсек, в которой наблюдается повышенная плотность галактик и их скоплений. Положение плоскости Локального сверхскопления было известно задолго до открытия Магелланова потока. Еще ближе Магелланов поток к плоскости симметрии Локального облака, к которому относятся и наша Галактика, и ее ближайшие соседи («Земля и Вселенная», № 5, 1976, стр. 63—65. — Ред.). Не концентрируется ли межгалактический газ к плоскости симметрии Локального сверхскопления

или Локального облака, подобно тому как межзвездный газ концентрируется к плоскости нашей Галактики? И не являются ли, как предполагают некоторые исследователи, высокоскоростные облака газовыми спутниками нашей Галактики, наподобие тех, что замечены вблизи других галактик?

К выводу о связи Магелланова потока, высокоскоростных облаков и некоторых галактик пришел и английский астрофизик Д. Линден-Белл. Он обратил внимание на то, что близкие к нам карликовые галактики — разреженные эллиптические звездные системы в созвездиях Дракона, Малой Медведицы, Скульптора, а также одно из самых далеких шаровых звездных скоплений Паламар 13 — расположены на небе вблизи той же плоскости, к которой концентрируются высокоскоростные облака и вблизи которой располагается Магелланов поток. Линден-Белл предположил, что все эти объекты связаны друг с другом и лежат в плоскости орбиты Магеллановых Облаков. По его мнению, они представляют собой вещество, «потерянное» этими галактиками. Магеллановы Облака, двигаясь по вытянутой орбите вокруг нашей Галактики и проходя через несколько миллиардов лет на близком расстоянии от нее, каждый раз теряют часть своего вещества — и звезды, и газ. Магелланов поток — это газ, потерянный галактиками при их последнем, сравнительно недавнем прохождении мимо Галактики, а высокоскоростные облака — свидетельство более «ранних» потерь.

Предположения о том, что Магел-

ланов поток и высокоскоростные облака движутся вокруг Галактики по замкнутым орбитам, придерживается и советский астрофизик Я. Эйнасто. Если облака газа являются спутниками нашей Галактики, то по их лучевым скоростям можно оценить полную массу вещества, которое находится в Галактике и ее окрестностях. Согласно расчетам, выполненным Я. Эйнасто, У. Хаудом, М. Йывэзэром и А. Каазилом, в пределах 300 тыс. световых лет от центра нашей Галактики содержится около $5 \cdot 10^{11}$ солнечных масс вещества. Это значительно превышает более ранние оценки массы Галактики, в которых не учитывались ее внешние области. Конечно, подобные расчеты еще нуждаются в проверке и подтверждении, но они наглядно показывают, как исследование объектов еще не выясненной природы может быть использовано для решения смежных научных проблем. На основе полученной ими оценки полной массы Галактики советские ученые рассчитали предполагаемую эллиптическую орбиту движения Магеллановых Облаков и Магелланова потока, которая согласуется с наблюдаемыми лучевыми скоростями этих объектов. Сделан еще один шаг к пониманию природы Магелланова потока и процессов, разыгрывающихся в окрестности нашей Галактики. В настоящее время проводится и планируется ряд наблюдений, которые, будем надеяться, позволят нам окончательно установить, что же такое Магелланов поток.

ЗАДАЧА ДВУХ ТЕЛ ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ

Расчеты движения планет и их спутников опираются на классическую механику и закон тяготения Ньютона. Все предвычисления положений небесных тел выполняются при условии постоянства тяготеющих масс. Однако, обогащаясь новыми фактами, астрономы все чаще вынуждены отказываться от гипотезы постоянства масс небесных тел. Например, хорошо известно, что кометы довольно быстро теряют свою массу. К телам с переменной массой относятся и звезды. Еще А. Эддингтон и Д. Джинс показали, что скорость изменения массы звезд со временем пропорциональна n -й степени их масс ($2 < n < 4$). Некоторые современные физики считают, что само гравитационное взаимодействие уменьшается со временем, то есть переменна «постоянная» тяготения. Наконец, в релятивистской небесной механике массы тел суть функции их скоростей.

Все эти и многие иные астрономические факты стимулировали развитие нового раздела небесной механики, ныне уже сложившегося и обособившегося, — небесной механики переменной массы.

Своими истоками новая отрасль механики уходит к работам Г. Гильдена (1841—1896) и И. В. Мещерского (1859—1935), указавшим отдельные случаи решения простейшей задачи движения материальной точки в поле притяжения неподвижного центра переменной массы. В наше время небесная механика переменной массы была существенно развита благодаря работам профессора Г. Н. Дубошина, директора Астрофизического института АН КазССР Т. Б. Омарова и кандидата физико-математических наук Б. Е. Гельфгата.

Основополагающий характер носили интересные исследования, выполненные Борисом Евсеевичем Гельфгатом (1929—1976). Главным результатом, полученный Б. Е. Гельфгатом, связан с постановкой и тщательным изучением задачи двух тел переменной массы. Он исследовал

движение двух материальных точек переменной массы под действием сил взаимного тяготения. Благодаря изысканным и остроумным математическим преобразованиям ему удалось найти совершенно строгие решения этой сложной и фундаментальной задачи. Его решение включает в себя, как весьма частные случаи, результаты И. В. Мещерского, Д. Джинса и др.

Задача Гельфгата стала фундаментом развивающейся небесной механики переменной массы. Как показал в своей докторской диссертации Т. Б. Омаров, задача Гельфгата с успехом служит при анализе многих проблем динамики гравитирующих систем Метагалактики.

Развивая работы А. Пуанкаре и Г. Н. Дубошина, Б. Е. Гельфгат выявил адиабатические инварианты в рассматривавшейся им задаче, то есть нашел характеристики орбит, которые остаются неизменными во времени даже при расходе масс притягивающихся тел.

Имея в виду космогонические приложения, он совместно с профессором В. В. Радзиевским исследовал движение тел переменной массы в сопротивляющейся среде. Эта проблема возникает при изучении эволюции движения протопланет в газопылевом облаке.

Совмещая в последние годы инженерную деятельность и редактирование астрономической литературы с занятиями механикой переменной массы, Б. Е. Гельфгат получил еще один важный результат, введя для качественных исследований геометрических свойств движения в задаче двух тел переменной массы квазиинтеграл, «родственный» с законом сохранения энергии. Этот прием позволил ему получить много новых сведений о движении тел переменной массы при самых общих предположениях о законах изменения масс. Трагический случай оборвал эти замечательные исследования: Б. Е. Гельфгат летом 1976 года погиб при восхождении на одну из вершин Памира (он был мастером спорта по горному туризму).

Небесная механика переменной массы ныне успешно служит астрофизикам. Она помогает решать проблемы эволюции орбит широких двойных звезд с корпускулярным излучением, исследовать динамику звездных систем переменного состава, динамику систем галактик в мире с ослабляющейся гравитацией, динамическую эволюцию звездных систем на нейтринном фоне и многое другое.

**Профессор
В. Г. ДЕМИН**



А. Г. БЕЛЕВИТИН
В. М. НАЗАРОВ

Геодезическая юстировка РАТАНа-600

РОЛЬ ГЕОДЕЗИСТОВ В СОЗДАНИИ РАДИОТЕЛЕСКОПОВ

Радиоастрономы хотят принимать четкие сигналы на самых различных волнах, в том числе и очень коротких — сантиметровых и миллиметровых. А для этого нужно, чтобы форма отражающей поверхности антенны радиотелескопа как можно точнее приближалась к идеальной. Кроме того, отражающая поверхность телескопа не должна искажаться при изменении положения антенны в пространстве. Но это лишь часть из того множества требований, без выполнения которых огромный телескоп в действительности окажется мертвым металлом.

Радиоастрономы хотят не только принять четкий коротковолновый сигнал — это обеспечит хорошая антенна с чувствительным приемником. Они должны еще знать, из какой именно точки небосвода пришел сигнал, а для этого положение антенны в пространстве должно быть определено с высочайшей точностью.

Обычно в статьях и книгах по радиоастрономии эти вопросы не затрагиваются. Считается как бы само собой разумеющимся, что все требования выполнены. К сожалению, это не всегда так. Поставленные задачи решаются с превеликими трудностями, и отнюдь не во всех случаях удается достигнуть результата, которого бы хотелось.

И хотя методы и средства, которыми эти задачи решаются, постоянно совершенствуются, они не успевают за непрерывно растущими запросами радиоастрономов. Еще не так давно удовлетворительной счи-

Антенна гигантского радиотелескопа РАТАН-600 состоит из 895 подвижных секций — щитов. Изменяя их взаимное расположение, можно получить необходимую форму отражающей поверхности антенны. За точностью установки каждого щита и всех элементов антенны непрерывно следят геодезисты.

талась точность юстировки радиотелескопов, оцениваемая угловыми минутами и сантиметрами. Затем радиоастрономы потребовали, чтобы погрешность юстировки составляла десятки секунд дуги и миллиметров — и получили их. Шло время, и понадобилась юстировка с точностью до секунд и миллиметров. Исполнилось и это желание. Сегодня нужны точности, измеряемые долями секунды и миллиметра, при все возрастающих габаритах радиотелескопов.

Мало кому известно, что непрерывное повышение точности юстировки радиотелескопов стало возможным только благодаря геодезистам. Это они проводят планировку сооружения на местности. Это они разрабатывают новые методы юстировки и создают для этих целей новые приборы. Они и на заводе участвуют в строительстве и монтаже деталей телескопа. Они же ориентируют радиотелескоп и юстируют его, стараясь придать отражающей поверхности зеркала необходимую форму и разместить все элементы (в первую очередь оси вращения) в заданном положении. Геодезисты же

следят и за сохранением этой формы во время эксплуатации радиотелескопа.

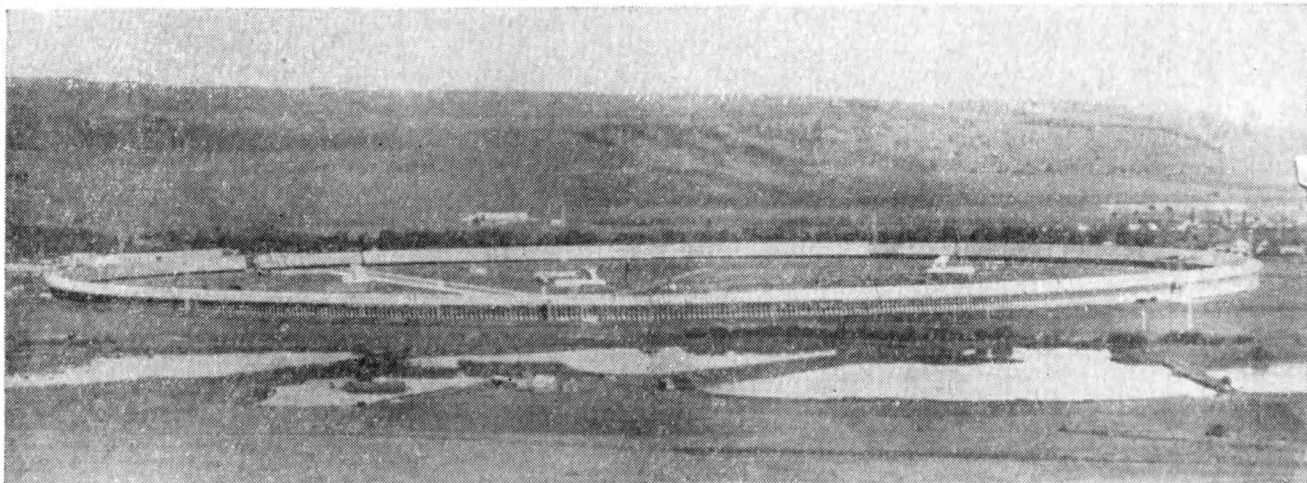
ТРЕБОВАНИЯ К ЮСТИРОВКЕ

РАТАН-600 отличается не только гигантскими размерами, но и большим диапазоном длин волн, а так: оригинальностью конструкции сборной антенны («Земля и Вселенная», № 4, 1976, стр. 2—12.— Ред.), поэтому особенно великие и сложные требования предъявляются к его юстировке.

Главная особенность инструмента — антенна переменного профиля. Напомним, что антенна состоит из кругового и плоского отражателей, а также нескольких вторичных зеркал — облучателей. На мощном кольцевом фундаменте диаметром около 600 м возведены железобетонные пилоны, верхние площадки которых выставлены в одну горизонтальную плоскость. На площадках установлены несущие элементы конструкции со щитами. Эти щиты и образуют круговой отражатель — антенну переменного профиля РАТАНа-600. Каждый щит — вырезка из цилиндра диаметром 720 м. Его размеры: высота — 7,4 м и ширина — 1,94 м. Конструкция снабжена механизмами, позволяющими с высокой точностью перемещать щит вдоль радиуса в пределах 1 м, наклонять его по углу места на 52° и поворачивать по «азимуту» на $\pm 4^\circ$. (В действительности поворот по азимуту будет лишь в

■
Академик М. В. Келдыш и начальник Строительного треста П. Т. Богатенко на территории будущего радиотелескопа





частном случае, когда щит стоит вертикально.) Таким образом, каждый щит имеет три независимых движения: вращение по углу места, по азимуту и радиальное перемещение.

Полный круг состоял бы из 900 щитов, однако в кольце сделан разрыв для въезда внутрь него и фактически их 895. Внутри кольца проложены рельсовые пути для перемещения облучателей. Здесь же находится плоский (перископический) отражатель — стена из 122 плоских щитов, высота которых 8,5 м и ширина 3,1 м. В ней также есть разрыв. Конструкция, несущая щиты, обеспечивает наклон их по углу места, а также дает возможность убрать щиты, положив их на землю. Назначение плоского отражателя — ускорен-

ный обзор неба и длительное сопровождение наблюдаемых объектов. При работе с плоским отражателем щиты ставят вертикально. Изменяя наклон плоского отражателя и перемещая облучатель внутри кольца, принимают излучение разных участков неба.

Главная забота геодезистов во время юстировки — точно расположить по расчетной поверхности элементы кругового отражателя, элементы плоского отражателя, а также облучателей. В круговом отражателе поверхность каждого щита не должна отличаться от заданной более чем на $\pm 0,1$ мм, а положение щита — более чем на $\pm 0,3$ мм вдоль радиуса, на ± 30 секунд по углу места и ± 40 секунд по азимуту.

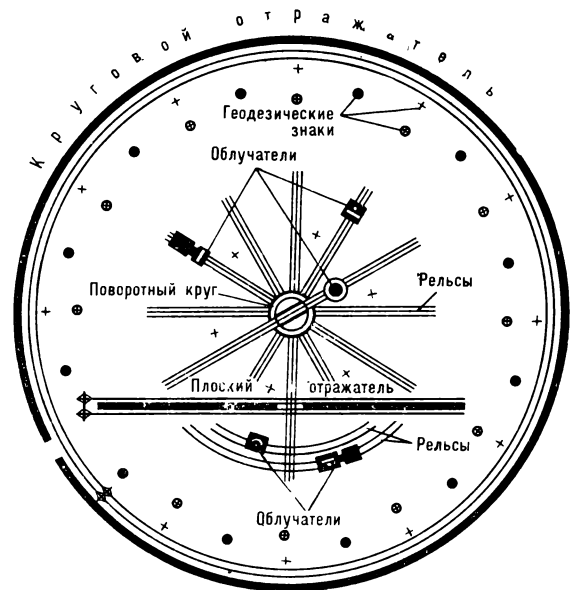
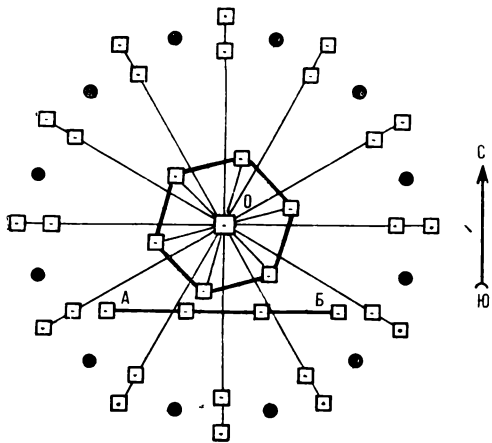
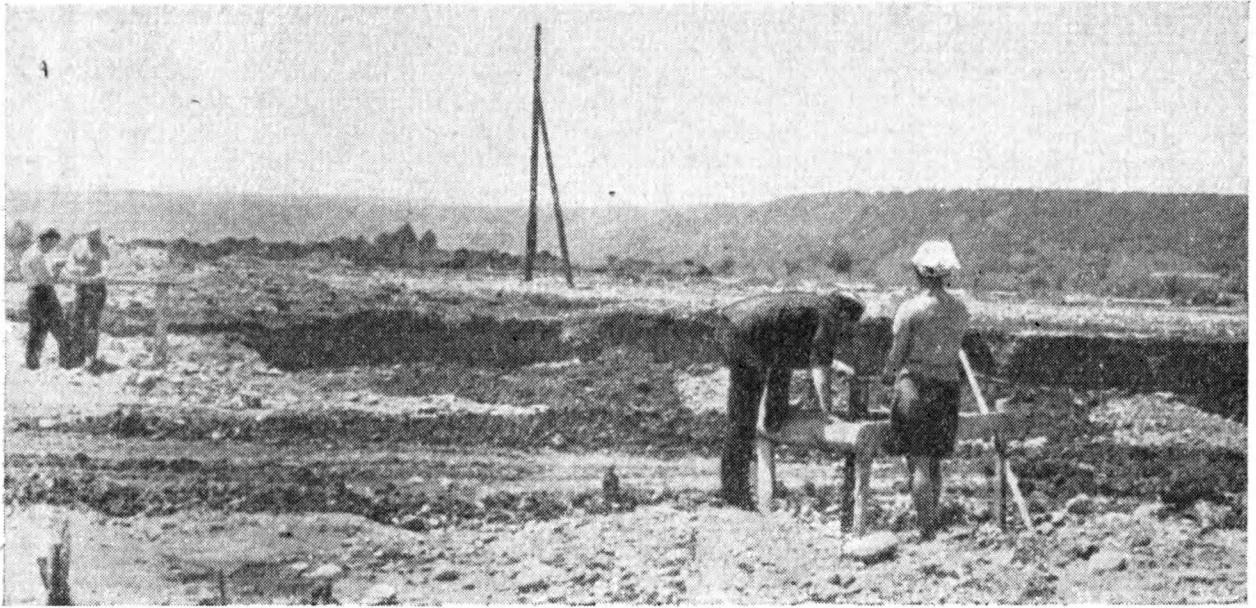
Угломестные оси всех щитов необходимо разместить в одной горизонтальной плоскости с погрешностью не более $\pm 0,2$ мм. Исходный истинный азимут для телескопа дол-

■ *Измерение расстояний между временными геодезическими знаками в начале строительства*

■ *Опорная геодезическая сеть РАТАНа-600. Плановые геодезические знаки показаны квадратами с точкой, высотные геодезические знаки — черными кружками. Плановые знаки в углах шестиугольника служат для контроля стабильности центра РАТАНа-600. Радиусы на схеме — линии, вдоль которых проложены рельсовые пути для облучателей. Они должны быть установлены под определенными азимутами: 0° , 30° , 60° ... с точностью до двух секунд дуги. Вдоль этих радиусов выполняют линейные высокоточные измерения с ошибкой не более 0,3 мм. На линии АВ расположен плоский отражатель*

■ *Схема размещения составных частей радиотелескопа РАТАН-600*

■ *Общий вид кругового отражателя РАТАНа-600*





жен быть определен с точностью $\pm 0,5$ секунды дуги. Погрешность поверхности щитов плоского отражателя не допускается больше $\pm 0,2$ мм, а угол места для них выдерживается с точностью ± 30 секунд дуги.

Столь же высокие требования предъявляются и к установке облучателей. Например, для зеркала одного из облучателей, имеющего параболическую форму, при высоте 5,5 м и ширине 8,2 м отступление поверхности от заданной не должно превышать $\pm 0,1$ мм. Погрешность установки облучателя по азимуту не допускается больше ± 30 секунд дуги, а вдоль фокальной линии — больше ± 2 мм. «Первичный облучатель», который входит в состав основного облучателя, ориентируют с точностью до одной секунды дуги.

Нужны ли такие точности? Для того чтобы зеркало достаточно эффективно отражало, отклонение его поверхности от идеальной не должно превышать 0,1 длины волны того излучения, которое оно отражает.

ЮСТИРОВКА ЩИТОВ

Подготовка к трудоемким процессам юстировки началась задолго до того, как на местности возникли контуры сооружения. Первоначальная планировка не представляла больших трудностей и выполнялась обычными методами инженерной геодезии. Параллельно же самыми современными средствами создавалась опорная геодезическая сеть и определялся астрономический азимут. Сеть закреплена высокостабильными знаками специальной конструкции. Стабильность сети постоянно контролируется ре-

гулярными геодезическими измерениями.

Хорошая опорная геодезическая сеть позволяет точно разместить все отражающие элементы телескопа, выверить их перемещения, выставить места нулей отсчетно-установочных устройств, создать сеть реперных точек внутри кольца для установки облучателя и проводить любые работы по юстировке телескопа.

Чтобы читатель представил характер юстировочных работ на РАТАНе-600, проследим, как юстируется один щит кругового отражателя.

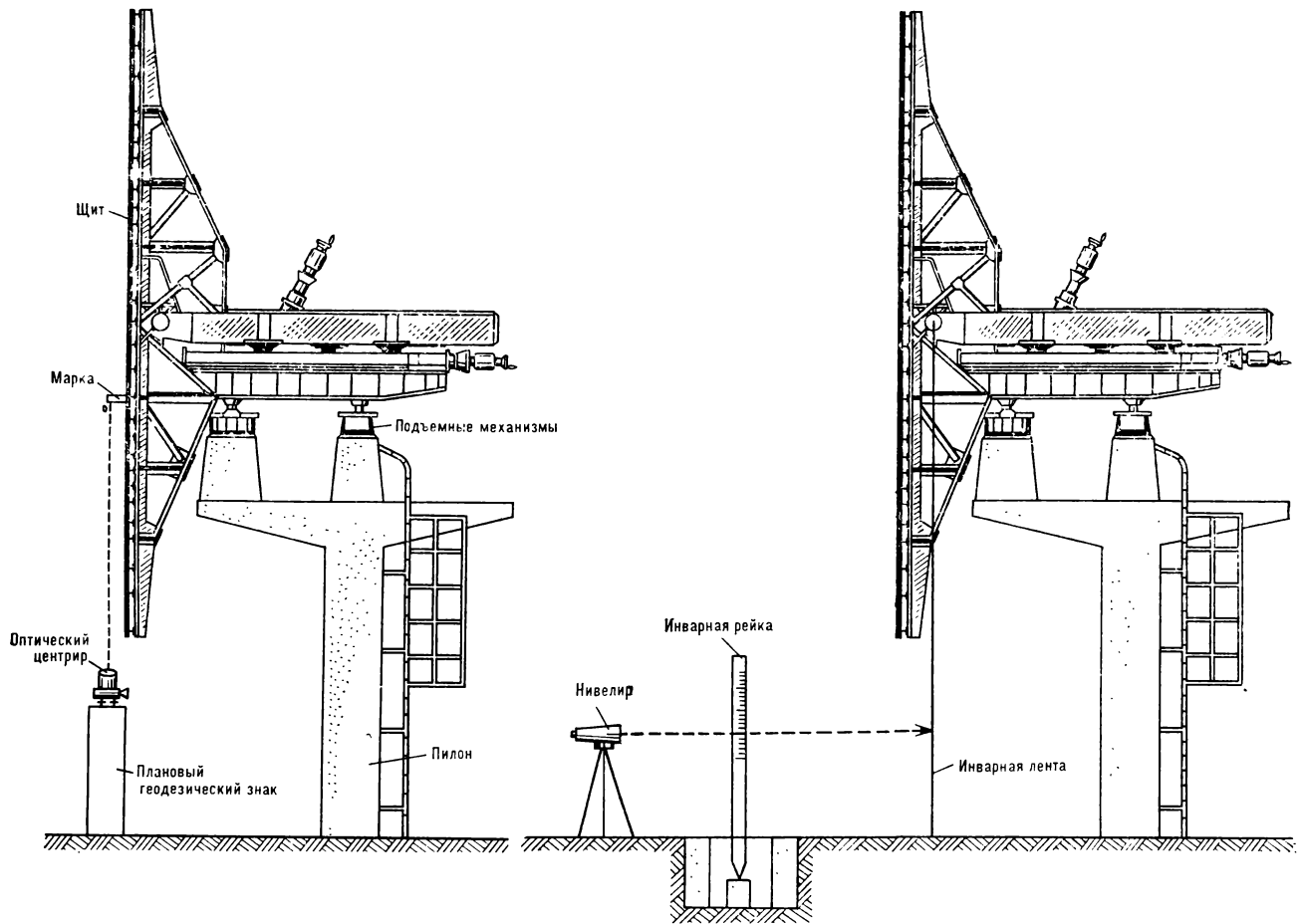
Уже говорилось, что на кольцевом фундаменте стоят пилоны. Их верхние площадки образуют горизонтальную эстакаду. На эстакаде, где должен находиться щит, по углам равнобедренного треугольника устанавливаются три подъемных механизма типа домкратов. Эти механизмы могут в небольших пределах перемещаться и перпендикулярно радиусу антенны. На подъемных механизмах крепится платформа с двумя парами рельсов (по существу, два параллельных рельса с разрывом). На рельсах — тележка со щитом и механизмами перемещения. Платформа крепится так, чтобы, во-первых, центральная ось ее симметрии (вдоль линии точно посередине между рельсами) была ориентирована на центр телескопа и имела расчетный азимут с точностью ± 2 угловые секунды, во-вторых, чтобы рельсовые пути были горизонтальными с точностью 10 угловых секунд и проложены в расчетной плоскости с погрешностью не более $\pm 0,8$ мм. Здесь многое зависит от искусства юстировщика. Устанавливают платформу в задан-

ный азимут, измеряя горизонтальный угол от азимутального пункта, а ориентируют ее на центр специальной трубой, визирная ось которой параллельна ребру рельса.

Перед тем как выставить рельсы в одну горизонтальную плоскость, на них подвешивалась опирающаяся на стальные шарики специальная самоориентирующаяся рейка, а с эстакады выполнялось нивелирование. Чтобы платформа заняла горизонтальное положение, ее выставляли по высокоточным уровням, укрепленным на Т-образной раме.

Все перечисленные операции повторялись неоднократно, поскольку любая операция несколько нарушает ранее достигнутое положение. Юстировка каждого из 895 щитов очень трудоемка и требует чрезвычайной скрупулезности и чистоты. Ведь если, например, под опору уровня попадает песчинка диаметром всего 0,2 мм, платформа будет установлена с ошибкой в одну угловую минуту! На рельсы отъюстированной платформы устанавливалась тележка со щитом. Щит перед креплением к тележке был отформован, после чего почти в двухстах точках измерялось отклонение его поверхности от расчетной. Эти измерения выполнялись с помощью высокоточного нивелира и короткой инварной рейки.

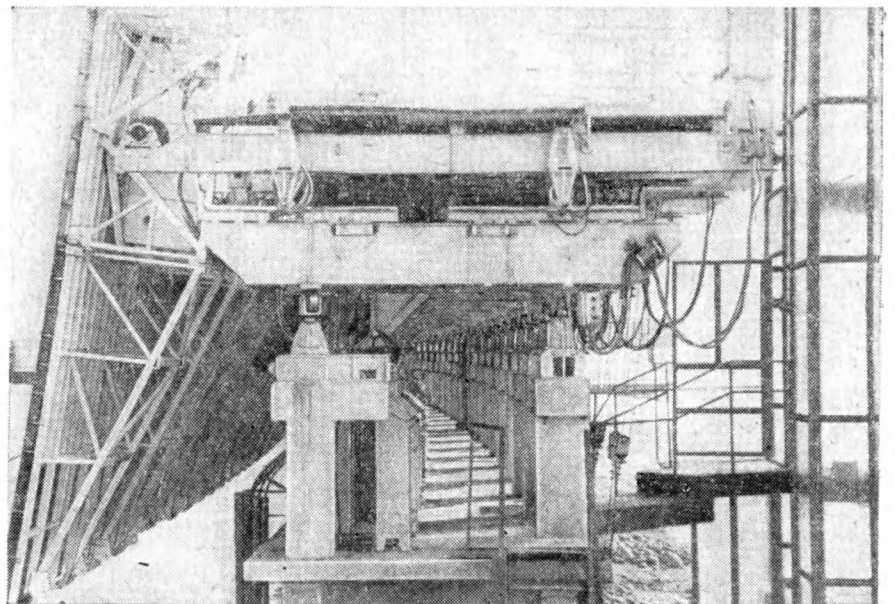
Когда тележка со щитом помещена на рельсы, необходимо установить сам щит. При этом требуется, чтобы его горизонтальная ось была перпендикулярна радиусу телескопа с точностью, не меньшей ± 30 секунд дуги, горизонтальна — с точностью не менее ± 40 секунд дуги и находилась бы в той же горизонтальной

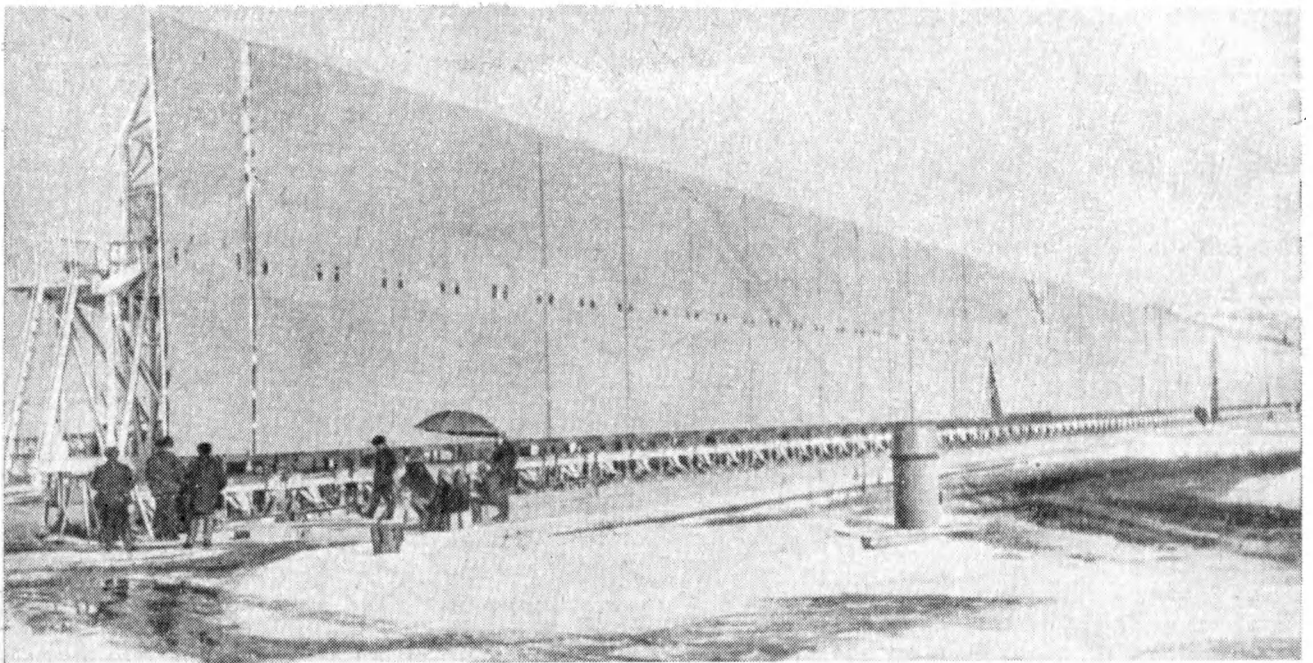
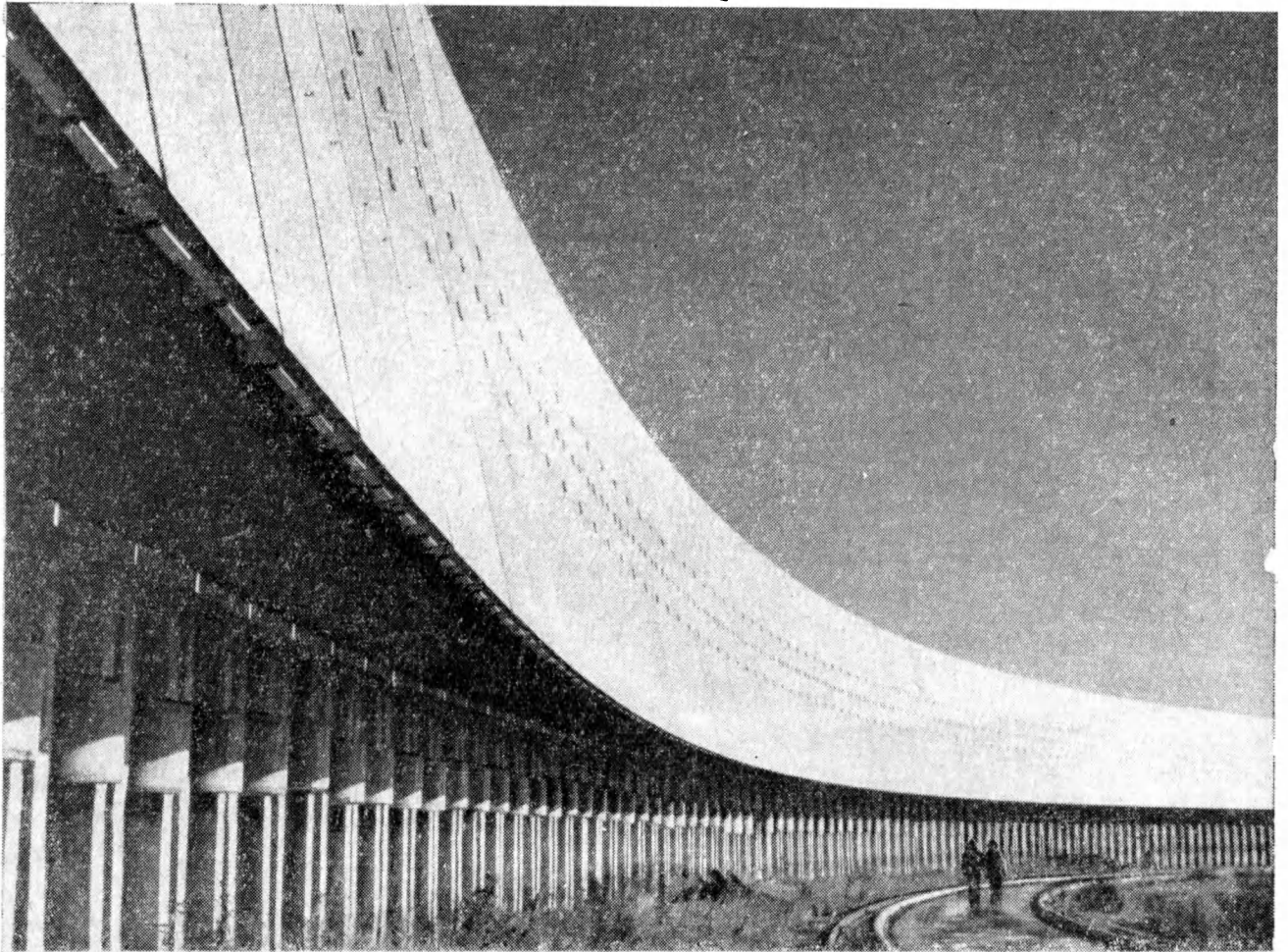


Плановый геодезический знак и щит. Перемещая щит вдоль радиуса, подводят марку к строго вертикальной линии визирования центра. В этом положении на шкале механизма продольного перемещения устанавливают предвычисленный отсчет. Выставление горизонтальных осей щитов в одну горизонтальную плоскость.



Часть эстакады кругового отражателя РАТАНа-600 с платформами на подъемных механизмах. По платформе перемещается тележка со щитом







плоскости, что и оси других щитов, с погрешностью не более $\pm 0,2$ мм.

Для того чтобы все горизонтальные оси оказались в одной горизонтальной плоскости, выполняют нивелировку относительно реперов высотной сети. Нивелирование делают с земли по специальным инварным лентам, подвешенным к шейкам горизонтальных осей. Эти ленты служат своеобразными нивелирными рейками. Платформы опускают или поднимают подъемными механизмами, контролируя горизонтальность рельсов уровнем. После этого вновь проверяют все узлы щита и закрепляют их окончательно.

Следующая задача — «привязка нуля» на отсчетных шкалах. Решить эту задачу — значит добиться, чтобы отсчеты по всем шкалам на механизмах перемещения щитов при заданном положении были нулевыми. Не вдаваясь в детали, расскажем о принципе ее решения. Нуль шкалы угла места должен соответствовать такому положению щита, при котором их совокупность образует цилиндр со строго вертикальной осью. А так как диаметр цилиндра 600 м, щиты ставят относительно вертикали с наклоном 10 секунд дуги во внутрь кольца, иначе получится конус с вершиной в центре масс Земли.

Для установки щита в заданное положение используется «жесткий

отвес» — длинная штанга в подшипниках, прикрепленных к площадкам щита. На нижнем конце есть точный уровень, расположенный перпендикулярно штанге. Подшипники отвеса крепятся к специальным площадкам на ферме щита. Эти площадки практически совпадают с поверхностью щита. Если секция вертикальная, то поворот штанги в подшипниках не изменит положения пузырька уровня и на штанге выставляют нуль (с учетом поправки 10 секунд дуги, о которой говорилось выше). Точность установки щита с помощью жесткого отвеса 2 секунды дуги.

Дальше переходят к установке нуля на датчике угла поворота щита вокруг азимутальной оси. Нулевой отсчет на шкале должен быть в тот момент, когда хорда, соединяющая края секции, будет параллельна ее горизонтальной оси. Такое положение находят с помощью специального приспособления. Этим приспособлением неоднократно измеряют кратчайшее расстояние от горизонтальной оси до задней поверхности щита. При равенстве расстояний на шкале датчика ставят нулевой отсчет. Остаточная погрешность места нуля не превышает 10—15 секунд дуги.

Установка щита в нулевое положение вдоль радиуса производится по знаку геодезической плановой опорной сети — плановому знаку. Головка планового знака имеет калиброванную втулку, в которую входит шаровой наконечник оптического центра. Этим достигается принудительное центрирование прибора с погрешностью порядка 15—20 мкм. Определяющая точка знака — ось втулки. Оптический центр позволяет пе-

редать положение центра вверх точно по отвесной линии. На щите, поставленном вертикально, укрепляется стеклянная марка. Щит передвигается вдоль радиуса до тех пор, пока марка не совместится с линией визирования центрира. Так как эта операция очень трудоемкая, то таким методом выставляют только 12 базовых щитов, расположенных против плановых знаков. Остальные щиты выставляют с помощью радиокомпаратора — радиотехнического устройства, позволяющего фиксировать равенство расстояний от центра до базового щита и от центра до выставленной секции. Только после тщательного выполнения всей описанной работы круговой отражатель считается отъюстированным! Аналогично выполняется юстировка плоского отражателя, а также облучателей.

Таким образом, для того чтобы современный радиотелескоп — будь то гигант РАТАН-600 или более привычный (с зеркалом в форме чаши) — мог успешно использоваться, на его юстировку приходится затрачивать очень большой труд. Специалисты-юстировщики никто не готовил, и тогда за юстировку взялись геодезисты. Они начали «с нуля»: разработали методы юстировки, а также новые инструменты. Работа эта мало напоминает классическую геодезию, но по старой памяти юстировщиков называют геодезистами.

■
Участок кругового отражателя

■
Плоский отражатель. В центре снимка — плановый геодезический знак. Под зонтом расположились юстировщики



Профессор
Д. Я. МАРТЫНОВ

XVI съезд Международного астрономического союза

Спустя три года после съезда в Австралии, точно по уставу Международный астрономический союз (МАС) собрался на свой шестнадцатый съезд. На этот раз местом съезда была Франция, но не Париж, как это было в 1935 году, а Гренобль, хорошо знакомый любителям спорта. В 4 км от центра города в университетском городке располагались съездовские помещения, аудитории и «Амфитеатр Л. Вейль» на 1000 мест. Здесь же в студенческих общежитиях поселились делегаты съезда — несколько сот человек, основная же масса их воспользовалась городскими гостиницами. Гренобль не очень большой город, но это — один из центров альпинистского туризма Франции, который давно уже имеет многочисленные гостиницы и развитую сеть туристского сервиса. Поэтому и удалось разместить в Гренобле и университете 1700 участников съезда и около 450 сопровождающих их членов семей. А для открытия съезда и заказанных популярнейших лекций к услугам МАС был Патинуар — каток, арену которого превратили в партер.

Съезд открылся 24 августа 1976 года в Патинуаре. Участников приветствовал мэр города Гренобля Ю. Дюбеду, председатель местного совета департамента Изер Л. Мермаз, ректор Гренобльского университета Г. Ко и председатель французского оргкомитета съезда профессор Ж. Ковалевский. Он рассказал об организации работы XVI съезда и сравнил этот съезд со съездом 1935 года, на котором присутствовало всего лишь 300 членов. С ответным словом выступил президент

МАС профессор Л. Гольдберг (США), напомнивший, что в департаменте Изер долгое время был префектом великий математик Ж. Б. Фурье, которому современная физика и астрономия столь многим обязаны. Церемония завершилась речью мадам А. Сонье-Сеите, приветствовавшей съезд от имени французского правительства. Выступления трижды прерывались маленькими музыкальными интерлюдиями местного оркестра под управлением М. Аннели.

В этот же день состоялось и первое пленарное заседание съезда, которое можно назвать распорядительным, так как на нем после заслушивания отчетов президента и генерального секретаря МАС руководители национальных делегаций утвердили порядок работы съезда и распределили обязанности между его руководителями.

Научная деятельность съезда началась 25 августа и продолжалась в напряженном темпе до 2 сентября. Работали 40 комиссий, рабочая группа по планетной номенклатуре, семь объединенных дискуссий на темы, представляющие интерес для нескольких комиссий. Иногда две-три комиссии объединяли свои заседания, чтобы рассмотреть общие вопросы. В сущности, это были те же объединенные дискуссии только на более узкие темы и не столь продолжительные, занимавшие, как правило, не весь, а только половину рабочего дня. Наконец, вне программы 1 сентября была организована сессия по проблемам сверхновых звезд.

Участнику съезда, проявлявшему

широкие интересы, приходилось нелегко, когда он стоял перед выбором, куда пойти, и взвешивал, успеет ли он перебежать из одного университетского здания в другое. В перерывах на довольно большой территории университетского городка можно было наблюдать плотные людские потоки, распределявшиеся по разным аудиториям.

Особенно оживленно обсуждалась проблема рентгеновских источников, рассматриваемых как тесные двойные системы, в которых один из компонентов — компактный объект. Идея существования газового кольца или диска вокруг одной из звезд, входящих в звездную пару, уже давно успешно применяется при создании моделей тесных двойных систем. В последние годы она была удачно использована для объяснения некоторых рентгеновских источников, открытых в это время. Если газовый диск окружает коллапсировавшую звезду — белый карлик, нейтронную звезду или черную дыру, то газ, перетекающий от нормальной звезды на коллапсар, разогревается до многих миллионов градусов и будет излучать в рентгеновском диапазоне. Орбитальное движение системы вносит в это излучение периодические изменения (см. статью Н. И. Шакуры в этом номере журнала).

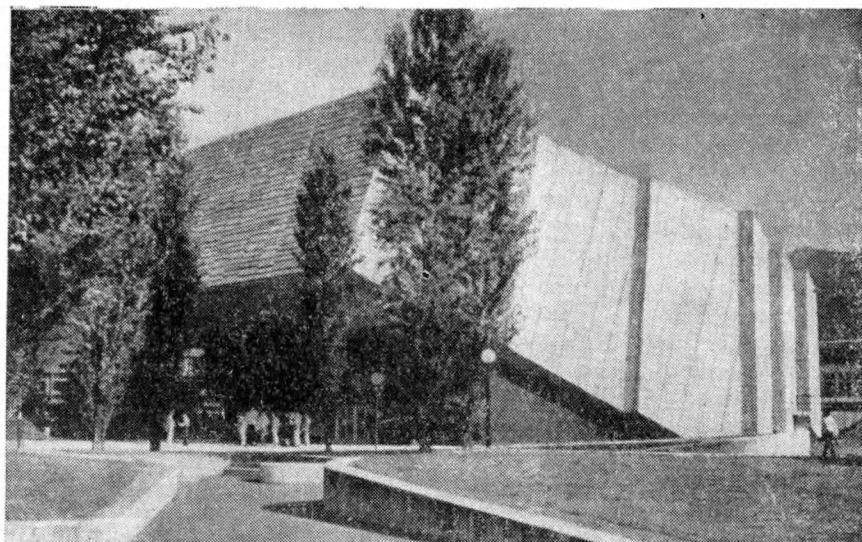
Сейчас известно около сотни рентгеновских источников, из них немногим более десятка находят объяснение в изложенной модели. В излучении этих источников в той или иной форме проявляется орбитальное движение, в частности, наблюдаются периодическое замедление и ускорение периода пульса-

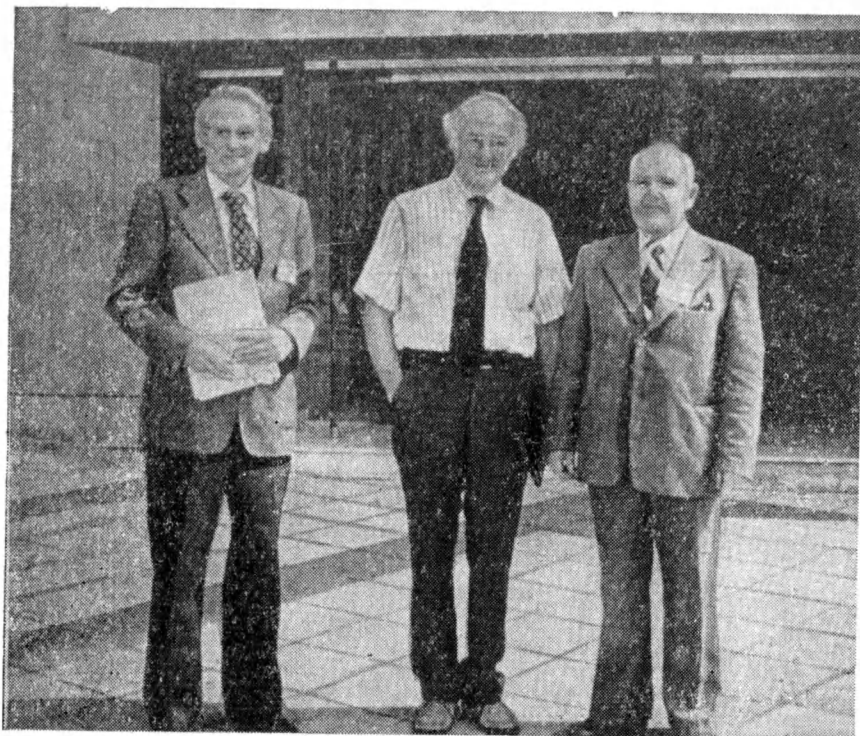
дий. Теории всех этих процессов были посвящены доклады Е. Ван ден Хейвеля (Голландия) «Прогресс в понимании эволюции рентгеновских двойных» и Р. Мак Крэя (США) «Аккреционные потоки в рентгеновских двойных системах», подводившие итоги исследованиям вплоть до последних месяцев. Дж. Хатчингс (Канада) дал сводку оптических наблюдений рентгеновских источников, Авни (Израиль) предпринял новую попытку определить их массы и подтвердил, что массы эти (за исключением одного случая) невелики, 1,5—1,5 солнечных. Дж. Гриндлей (США) исследовал рентгеновские источники в шаровых звездных скоплениях. Таких источников открыто уже семь и еще два источника находятся в вспышечной фазе. А. Уилмор (Англия) рассказал о новоподобных рентгеновских источниках, которые привлекают к себе внимание исследователей грандиозными вспышками.

Тот же круг идей — перенос материи внутри двойной системы — обсуждался на заседаниях комиссии № 42 «Тесные двойные системы». Превосходные доклады сделали наши польские коллеги И. Смак и И. Жулковский. Первый подвел итог своим многолетним исследованиям звезд типа U Близнецов, которые можно рассматривать как карликовые Новые. К ним применима та же

■
Мэрия города Гренобля

■
Гренобльский университет. «Амфитеатр Л. Вейль»





схема, что и к двойным рентгеновским источникам, но вместо релятивистской звезды газовый диск здесь окружает белый карлик (радиус его всего лишь 0,01 радиуса Солнца). Газовая струя от второго компонента образует на диске горячее пятно, однако оно не настолько горячее, чтобы излучать в рентгеновском диапазоне. Жулковский детально рассмотрел динамику потоков вещества через внутреннюю точку Лагранжа в двойной системе и пришел к выводу, что в большинстве наблюдаемых звездных пар перенос происходит в стадии начавшегося горения водорода в слое, прилежащем к ге-

лиевому ядру звезды. Естественно, что Жулковский в своем докладе затронул и рентгеновские звезды. Он дал эволюционную картину источника Центавр X-3, оптический партнер которого — «звезда Кжеминского». Первоначально она имела массу 36 солнечных, но затем потеряла большую ее половину. Продолжительность рентгеновского

■
Участники XVI съезда МАС: в центре — президент МАС Л. Гольдберг, слева — Ван де Камп, справа — Д. Я. Мартынов

излучения в таких парах оценивается в 10^2 — 10^5 лет в зависимости от масштаба переноса вещества.

Повышение точности и надежности фотометрических измерений за последние десятилетия привели к открытию многочисленных физических изменений блеска у компонентов в тесных двойных системах. Анализ этих процессов в ходе затмения говорит за то, что на поверхности звезд нередко образуются горячие пятна. Таких звезд известно около десятка, А. Бэттен (Канада) относится к ним и звезду U Цефея. Д. Поппер (США) устроил даже маленькое совещание спектроскопистов по поводу звезд этого класса (они получили название звезд RS Гончих Псов), а в целом проблема стала предметом трехчасового заседания шести комиссий. Обсуждались наблюдательные свидетельства неоднородности звездных поверхностей. Помимо тривиальных фотометрических эффектов, явление это было обнаружено и совсем новым методом — интерферометрией по пятнам на атмосферном диске изображения звезды. Метод интерферометрии позволяет не только определять истинные угловые размеры звезды, но и размеры неоднородностей на ее поверхности. Правда, пока неоднородности измерены лишь на поверхности сверхгиганта.

Другим предметом, заинтересовавшим многих астрономов, была планетная астрономия. Ее проблемы обсуждались в комиссиях № 6 и № 7, на объединенной дискуссии № 3 и, наконец, исследованиям планет была посвящена «приглашенная лекция» К. Сагана (США). Двухтысячной аудитории Патинуара К. Са-



что на съезде они встретятся и поговорят с коллегами по разрабатываемым вопросам, узнают последние результаты, которые опубликованы будут не раньше, чем через год, расскажут о своих успехах, договорятся о совместной разработке или единой программе наблюдений. Они получили все, что хотели. Ежедневные заседания оставляли много времени для кулуарных разговоров и даже для внеплановых коллективных обсуждений. Теперь, на обеде во Дворце спорта, предстояло закрепить установившиеся знакомства уже в обстановке непринужденной и приятной. Обед был превосходный (французы прирожденные гастрономы), для танцев оставлена была обширная площадка, и можно признать, что прощальный обед удался.

На следующее утро состоялось заключительное пленарное заседание XVI съезда. В сущности все решения были уже подготовлены Исполкомом МАС совместно с председателями комиссий, которые внесли

свои резолюции на утверждение. Были проведены формальные выборы. Новым президентом МАС стал профессор А. Блаау, известный своими работами по звездной динамике. Вице-президентом избран академик АН ГрузССР Е. К. Харадзе. Кроме него в состав Исполкома входят вице-президенты Д. Болтон, Д. Хишен, В. Ивановская, С. Ван ден Берг, Ш. Ференбак и генеральный секретарь мадам Е. Мюллер. Из советских астрономов президентами комиссий стали В. К. Абалакин (комиссия № 4 — эфемериды), Б. Е. Маркарян (комиссия № 28 — галактики), Э. В. Кононович (комиссия № 46 — преподавание астрономии), И. Д. Новиков (комиссия № 47 — космология), И. С. Шкловский (комиссия № 48 — астрофизика высоких энергий).

Международный астрономический съезд принял приглашение правительства Канады созвать свой XVII съезд в 1979 году в Монреале.

Как и на предыдущих съездах

МАС, атмосфера в Гренобле была самая дружелюбная. Нетрудно было заметить, что астрономы с крайней щепетильностью стремились не забыть упомянуть представителей других стран в своих докладах и в списках литературы, прилагаемых к докладам, цитирование советских работ делалось широко и аккуратно. Особенно это относится к работам по самым актуальным вопросам астрономии — космические исследования, рентгеновская астрономия, космология, где тон задавала молодежь.

Автор этих строк посещает съезды МАС с 1952 года, и он грустно замечает, как тают ряды его ровесников, с которыми он познакомился 24 года назад. Да и чисто внешне съезды МАС изменились: намного больше стало участников, и среди них сейчас преобладают лица с неукротимой растительностью. Такова мода, противиться которой не могут даже самые одержимые ученые, если они молоды.

ГИГАНТСКИЙ МЕТЕОРИТ

8 марта 1976 года в 15 часов 2 минуты по местному времени над провинцией Гирин (северо-восточный Китай) прошел чрезвычайно яркий болид. Он двигался со скоростью около 12 км/с. Полет болида закончился вблизи города Гирин (Цзипинь), в пункте с координатами 43° 53' с. ш. и 126° 35' в. д. интенсивным «метеорным дождем» и мощным взрывом. Воздушная волна и сотрясение почвы, вызванные падением метеорита, были зарегистри-

рованы несколькими сейсмическими станциями. От множества очевидцев получены сведения о направлении движения, яркости, силе взрыва в момент распада тела в атмосфере и мощности удара при падении.

В течение месяца после падения метеорита на площади около 500 км² удалось отыскать более ста его обломков. Крупнейший из них весит 1770 кг, три других — свыше 100 кг каждый.

Самый большой обломок упал в округе Юнчи. Он пробил 1,7-метровый слой замороженной почвы, у-

лубился в землю на 6,5 м и образовал воронку глубиной 3 м и поперечником более 2 м. Удар выбросил из воронки комья земли на расстоянии до 100 м.

Поверхность обломков покрыта черной или коричнево-черной корой плавления и испещрена регмаглинтами. Исследования показали, что этот каменный метеорит принадлежит к типу оливинно-бронзитовых хондритов.

«Nature Science Event Bulletin», 1, 7, 1976.

Кандидат географических наук
Б. С. ЗАЛОГИН



Международный форум географов

С 12 июля по 3 августа 1976 года в нашей стране впервые за 105-летнюю историю международных форумов географов проходил XXIII Международный географический конгресс. На нем собралось около 4 тысяч представителей из 58 стран. Делегация Советского Союза насчитывала около 1200 членов, США — примерно 200, Канада — 175, Япония — 130, Франция — 125, Великобритания и Италия по 100 человек.

Девиз конгресса — научно-техническая революция и география. Академик И. П. Герасимов назвал современный этап развития географии периодом конструктивным и прогнозирующим. Теперь географ не только изучает природу, но и предлагает пути рационального использования ее ресурсов. Исходный материал исследователи получают с помощью авиации, морских судов, искусственных спутников Земли и космических лабораторий. Кроме физической и экономической географии сформировались такие дисциплины, как биогеография, геоморфология, гляциология, гидрология и метеорология. В вопросах охраны окружающей среды география также занимает достойное место среди наук о Земле.

Организационный комитет конгресса во главе с академиком И. П. Герасимовым разработал обширную и разнообразную программу работы. С 12 по 27 июля в разных городах и районах нашей страны проводились симпозиумы по отдельным направлениям науки. Например, на московских симпозиумах обсуждались такие вопросы, как сбор и обработка данных, количественные методы, международная географическая тер-

минология и др. Тематика тбилисских симпозиумов была посвящена природным ресурсам. Здесь, в частности, обсуждались вопросы геоморфологии морских берегов и их изменения. В Ленинграде на одном симпозиуме обсуждались программы географических школ, их национальные особенности и международные связи, а на другом — географическое образование. Симпозиум «Человек и среда» проходил на борту теплохода, плывшего по Дону и Волге. В нем приняли участие крупнейшие ученые, в том числе президент Международного географического союза, Иностраный член АН СССР профессор Ж. Дреш. Участники этого совещания обсуждали проблемы комплексного использования великих рек мира, национальных парков и заповедников.

Основные заседания конгресса проводились с 28 июля по 3 августа в Москве. Торжественное открытие конгресса состоялось в Кремлевском Дворце съездов. Председатель Совета Министров СССР А. Н. Косыгин в своем приветствии участникам Международного форума географов сказал: «Одна из древнейших наук человечества — география способствует ускорению научно-технического прогресса во многих областях знаний и производства».

На первом пленарном заседании были заслушаны доклады президента Международного географического союза профессора Ж. Дреша (Франция) «Географические исследования и международный географический союз» и доклад академика И. П. Герасимова «География СССР в прошлом, настоящем и будущем».

Круг интересов московского географического конгресса чрезвычайно широк — от планетарных проблем до узких, региональных вопросов физической и экономической географии и специализированных географических наук. На конгрессе было представлено свыше 860 докладов.

Большое внимание конгресс уделит проблеме охраны и улучшения окружающей среды, так как в настоящее время эта проблема, действительно, стала проблемой века. Ее разные аспекты затрагивались многими докладчиками на различных секциях, симпозиумах и семинарах. В них отразилась тревога ученых за состояние природы в результате воздействия на нее человека.

Общие проблемы природной среды в планетарном масштабе всесторонне рассмотрел декан географического факультета МГУ, профессор А. М. Рябчиков. Он отметил быстрое нарушение природных равновесий под влиянием человеческой деятельности. Сейчас поступление в природную среду используемых в производстве и в быту различных химических соединений в 10—100 раз превышает их естественное возрастание (вулканизм, выветривание горных пород). Ежегодно в водоемы сбрасывается более 600 млрд. м³ промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных стоков. За год в атмосферу выбрасывается около 20 млрд. т. двуокиси углерода и более 700 млн. т. других пылевых, паровых и газообразных соединений. Опасность химического загрязнения возрастает еще и потому, что организмы обладают способностью аккумуля-



лизовать элементы и соединения, которые участвуют в обмене веществ. В результате концентрация вредных соединений свинца, ртути и других токсических веществ превышает их содержание в почве, природных водах и воздухе. Особенно заметно такому воздействию подвергаются жители городов, где испытывается недостаток кислорода.

Влияние загрязнения городской среды на здоровье жителей городов рассматривалось на заседаниях секции «Медицинская география». Английский ученый А. Лермонт в своем отчете о работе географов в области медицинской географии выделил специальный раздел «География и загрязнение внешней среды». Он привел убедительные данные о зависимости между заболеваемостью и загрязнением воздуха на примере Антверпена.

На конгрессе говорилось о городах не только в связи с загрязнением среды. Уже в настоящее время намечаются контуры большой социальной проблемы — будущее городов. В настоящее время в городах проживает 50% населения, а к 2000 году в них сконцентрируется 80% населения планеты. Специальный симпозиум «Географические аспекты урбанизации и планирования развития городов» рассматривал эти вопросы.

В докладе члена-корреспондента АН СССР М. И. Будыко и академика

■
Президиум первого пленарного заседания географического конгресса в Кремлевском Дворце съездов. На трибуне вице-президент АН СССР академик А. В. Сидоренко.

Фото ТАСС

АН ГрузССР Ф. Ф. Давитая «Влияние человека на климат» отмечено, что до середины нашего века глобальный климат практически не зависел от антропогенных факторов. В настоящее время в связи с быстро возрастающим количеством сжигания различного вида топлива существенно повышается концентрация углекислого газа в атмосфере и увеличивается масса атмосферного аэрозоля. Рост площади распаханых земель повышает запыленность атмосферы. Существующие тенденции к увеличению содержания углекислого газа в атмосфере могут привести к повышению глобальной температуры в первой половине XXI века, что повлечет за собой заметное изменение климата земного шара. Изменится состояние ледяного покрова в высоких широтах. Из расчетов авторов следует, что к 2000 году



средняя граница полярных льдов отступит примерно на 2° к северу. Это может привести к значительному потеплению Арктики и полному таянию морских льдов в Северном Ледовитом океане к 2050 году, что вызовет большие изменения термических условий северного полуша-

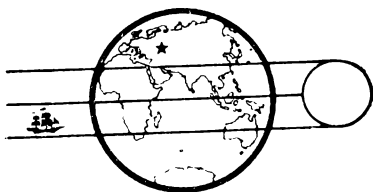
Профессор А. М. Рябчиков — декан географического факультета Московского государственного университета и новый президент Международного географического союза М. Уайз
Фото И. О. Мамаева

рия и отразится на хозяйственной деятельности человека.

Доклад профессора М. И. Львовича и А. А. Соколова посвящен антропогенным изменениям в гидросфере. Авторы отметили весьма значительное и многостороннее влияние деятельности человека на гидросферу. В настоящее время на все нужды человечества ежегодно расходуется около 2600 км^3 воды, в том числе безвозвратно — 1600 км^3 . Согласно приближенному прогнозу, в 2000 году водозабор из источников достигнет 6000 км^3 , а безвозвратный

расход составит 300 км^3 . Одно из важных направлений преобразования водных ресурсов — регулирование речного стока водохранилищами. Другой путь — переброска речного стока из избыточно увлажненных районов в засушливую зону. Наиболее эффективный способ борьбы с загрязнением — управление качеством воды. Для этого необходима переориентация охраны водных ресурсов на профилактическую основу. Предполагая рациональное использование и охрану природных вод, авторы разделяют оптимистический взгляд на будущее водных ресурсов.

Должное внимание московский форум географов уделит и Мировому океану. Начиная с Первого Международного географического конгресса, где обсуждался вопрос о единообразии батиметрических измерений, в той или иной степени океанографическая тематика присутствовала на многих мировых конгрессах географов. В работе VI и XIII конгрессов участвовал выдающийся отечественный океанограф Ю. М. Шокальский. На XXIII географическом конгрессе впервые была создана секция «География океана» по инициативе группы ученых во главе с академиком К. К. Марковым. На обсуждение секции представлено около 40 докладов от 10 стран. В них рассматривались вопросы физической океанологии, морской метеорологии, геологии океана, геоморфологии и палеогеографии дна и берегов океана, биологии и биогеографии океана, природы океанических островов, экономической географии и ресурсов океана. Комп-



лексная, многоплановая характеристика Мирового океана и его отдельных районов — отличительная черта работы секции «География океана». Это иллюстрируют доклады, прочитанные на секции. Работа секции открылась информацией члена-корреспондента АН СССР А. С. Мони́на о подготовке в Институте океанологии АН СССР фундаментального 10-томного труда, всесторонне освещающего природу Мирового океана.

Интересный проблемный доклад сделали А. Д. Добровольский и В. Л. Лебедев, а также Т. П. Айзатуллин, В. Л. Лебедев, И. А. Суетова, К. М. Хайнов.

В. С. Самойленко и Б. А. Семенченко рассмотрели структуру теплового баланса тропических широт как результат взаимодействия атмосферной и океанической циркуляции. Они считают, что структура теплового баланса и его компонент могут служить хорошим показателем взаимодействия атмосферных и океанических процессов во всем их многообразии.

О совместной работе советских и американских ученых говорилось в докладе С. С. Лаппо, С. П. Соловьева, Р. Харвея «Итоги первой советско-американской экспедиции по изучению цунами в Тихом океане». Летом 1976 года на советском научно-исследовательском судне «Валериан Урываев» был проведен эксперимент, цель которого заключалась в изучении механизма и разработке методики прогнозирования цунами. В предсказаниях цуна-



ми — гигантских волн, рождаемых в результате подводных землетрясений или извержений подводных вулканов, остро заинтересованы многие тихоокеанские государства. Специально сконструированные приборы мареографы устанавливались на дне в цунамиопасных участках океана. Приборы способны фиксировать возникающие волны цунами и передавать сведения о них по кабелю или радио. Зная место расположения эпицентра подводного землетрясения, можно заблаговременно определить район грядущего бедствия.

■
Президиум секции «География океана». Слева направо: академик К. К. Марков, член-корреспондент АН СССР А. С. Монин, доктор геолого-минералогических наук А. В. Живаго

Фото И. О. Мамаева

Первый эксперимент дал обнадеживающие результаты и подсказал пути дальнейших исследований, которые будут продолжены объединенными усилиями ученых СССР и США.

Доклад Г. М. Игнатьева и Г. Риверы (Куба) посвящен региональным системам океанов и островов. В нем показаны условия формирования ландшафтов малых и больших островов в связи с особенностями океанического климата и его широтными различиями. Английский географ Д. Р. Стоддарт предложил теоретическую модель, на основе которой он воссоздал природные условия островов Феникс и прилегающей части Тихого океана, существовавшие в плейстоцене.

Доклад С. С. Сальникова посвящен проблемам экономической географии Мирового океана. Это новое направление в географической науке

Научно-техническая революция и советская география

на конгрессе получило международное звучание.

На секции «География океана» затрагивались и прикладные вопросы. Так, В. И. Лымарев рассказал о народнохозяйственных проблемах южных морей СССР. Эти проблемы связаны с охраной природы и рациональным использованием природных ресурсов морей и их побережий. Близкий по теме доклад представил Н. П. Джолифф. Он предложил простую физическую концепцию, на основе которой можно успешно использовать морские побережья для хозяйственных нужд, не нанося ущерба природе. Тематика докладов прикладного направления секции созвучна проблемам антропогенного влияния на природу в современных условиях.

Советские географы высказали твердое убеждение в том, что преодолеть кризис взаимоотношений человека с природой в масштабах планеты можно. Наиболее разумный выход — прекращение гонки вооружений. Сокращение стратегического вооружения уже само по себе позволило бы уменьшить загрязнение среды на одну пятую. Кроме того, оно позволило бы высвободить значительные средства для мероприятий по охране природы. В частности, на эти средства можно разработать новую технологию с замкнутым циклом (индустрия без отходов) без снижения роста производства и жизненного уровня населения Земли.

Научное сотрудничество географов земного шара продемонстрировало взаимопонимание между странами и стремление к политике разрядки международной напряженности.

Развертывающаяся научно-техническая революция (НТР), сопровождающаяся с коренными изменениями в социально-экономическом развитии современного мира, оказывает разностороннее и все возрастающее воздействие на общество.

СОЦИАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ГЕОГРАФИИ

Известно, что длительное время география была единой наукой о природе, хозяйстве и населении мира. Великие географические открытия раздвигали границы известного мира, обеспечивая общество научными сведениями о природных условиях и ресурсах, хозяйстве и населении осваиваемых территорий.

В настоящее время запросы практики требуют дальнейшего углубленного изучения давно открытых земель. Важнейшей задачей географии стало научное обслуживание многообразного использования естественных ресурсов, необходимых для удовлетворения потребностей общества. Наряду с этим географическая наука приобретает все большее значение в обосновании социально-экономического развития стран, размещении их производительных сил, улучшении структуры хозяйства.

Выполняя свои социальные функции, географическая наука трансформируется из единой, универсальной

науки в разветвленную систему наук. Так, в СССР стали особенно быстро развиваться специализированные физико-географические дисциплины: геоморфология, климатология, гидрология, гляциология и океанология. Большое развитие получила биологическая география или география растений (геоботаника) и география животных (зоогеография). Успешно развивалось генетическое почвоведение.

Изучение быстро развивавшегося народного хозяйства и населения также сопровождалось формированием специализированных географических дисциплин. Возникла социально-экономическая география, география промышленности, сельского хозяйства и транспорта. Выделилась историческая география.

Все эти географические дисциплины тесно переплетались друг с другом, а также со многими ветвями смежных наук: геологических, геофизических, биологических, экономических и исторических. География стала как бы терять свое былое единство и превращаться в сложную совокупность научных дисциплин.

Однако наряду с процессом дифференциации в географической науке остался и усилился интеграционный потенциал, направленный на сохранение целостности географии как фундаментальной науки. Основу его составляет необходимость научного познания естественно-исторических особенностей природы, социально-экономических аспектов развития народного хозяйства и населения районов, изучаемых как целостные единицы.

Эта сложная и противоречивая

Сокращенный текст доклада, прочитанного на XXIII Международном географическом конгрессе в Москве (июль—август 1976 г.).



ситуация вызывала длительные дискуссии о предмете географической науки, ее структуре, методологии и перспективах развития. Ситуация стала меняться лишь в последнее время под влиянием новых задач развития производительных сил, а также в результате усложнения социальной функции географии.

Как известно, НТР резко усиливает воздействие общества на окружающую среду средствами новейшей техники и технологии. Это воздействие постоянно растет прежде всего в результате многостороннего и

■
Председатель организационного комитета XXIII Международного географического конгресса, академик И. П. Герасимов выступает с докладом

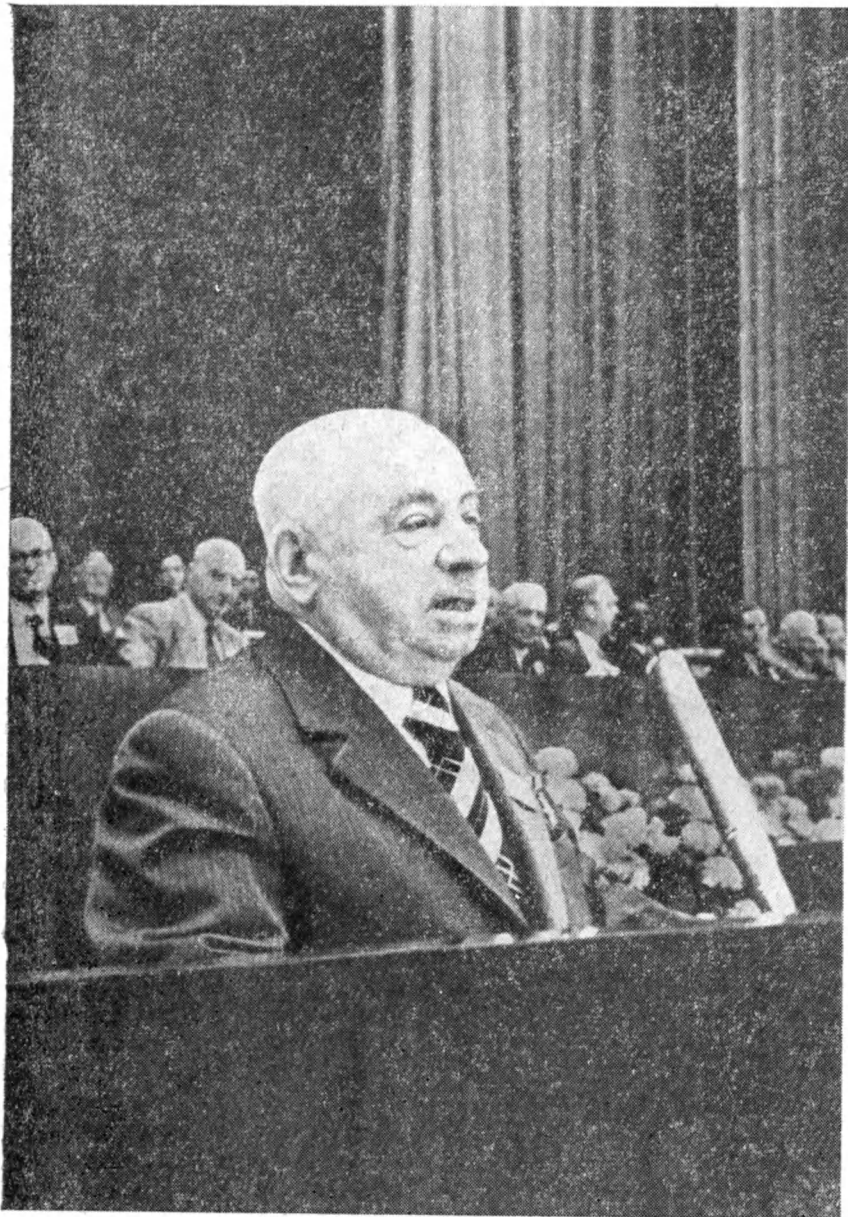
Фото ТАСС

всепроникающего развития процессов индустриализации. Каковы наиболее важные формы такого воздействия? К ним относятся: изъятие все больших размеров объемов природных ресурсов; нарастающие темпы производства и потребления энергии; глубокие физико-химические преобразования огромного количества естественных веществ, сопровождаемые выбросами в природную среду разнообразных отходов, в том числе вредных для человека; изменение сельскохозяйственных и лесных угодий.

В результате воздействия этих процессов, а также развития всех отраслей хозяйства, все более интенсивно использующих ресурсы природной среды, происходит существенное изменение важнейших свойств биосферы. Изменяются в той

или иной степени климатические характеристики наиболее интенсивно освоенных территорий, вносятся глубокие изменения в естественные биогеохимические кругообороты веществ в природе и нарушаются сложные глобальные балансы кислорода и углекислоты в атмосфере. Происходит глубокое изменение природных свойств почв, влекущее за собой и изменение качества земельных ресурсов. Успехи в мелиорации, обработке и химизации земель сопровождаются утратой ими некоторых важных защитных природных свойств. Все более увеличиваются необратимые изменения в составе растительного и животного мира.

Многообразные последствия воздействия общества на окружающую среду составляют содержание одной



из наиболее актуальных проблем современности, а именно — проблемы защиты, сохранения и преобразования окружающей среды для

■
Дважды Герой Советского Союза, председатель Московского филиала Географического общества СССР, доктор географических наук И. Д. Панин приветствует участников конгресса

Фото ТАСС

благополучного существования и развития нашего и будущих поколений людей. Теперь уже стало непреложной истиной, что защита, сохранение и преобразование окружающей среды являются задачей междисциплинарных исследований, требующих больших усилий ученых и специалистов многих областей науки и техники. Решение этих сложнейших проблем возможно лишь в условиях мирного сосуществования и международного сотрудничества,

в условиях разрядки международных отношений.

Какая же из существующих наук способна взять на себя лидирующую роль в плодотворной разработке сложных вопросов рационального использования природных ресурсов Земли?

По нашему мнению, всем ходом своего предшествовавшего развития географическая наука более других подготовлена к деятельности именно на такой междисциплинарной основе. В ее арсенале есть огромная научная информация о природных условиях и природных ресурсах всего мира, о степени и формах их освоения и хозяйственного использования. Немаловажно и то, что в разработке этих новых грандиозных задач географическая наука может опираться на сложную систему своих подразделений. Наконец, географическая наука обладает тем комплексным подходом к природным и социально-экономическим явлениям, которые особенно необходимы для успешной научной разработки указанных задач.

С другой стороны, нельзя не видеть огромного значения охарактеризованных выше новых задач для самой географии как фундаментальной науки. Возлагая на себя ответственные социальные функции по самой острой и актуальной проблеме современной жизни, география приобретает новые и сильнейшие импульсы для своего развития, дальнейшего углубления как традиционных, так и новых исследовательских подходов и методов. Внутри самой системы географических наук и вне ее, на разнообразных контактах со



смежными науками, возникают и должны быстро расширяться новые плодотворные связи и взаимоотношения. Все это, взятое вместе, создаст в современной географической науке новые возможности для быстрого прогресса и перехода на более высокий этап развития.

ЗАДАЧИ ГЕОГРАФИИ КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ

Мы полагаем, что наиболее актуальными в географических исследованиях становятся следующие взаимосвязанные направления:

— всестороннее изучение воздействия социалистического общества на окружающую среду, исследование главных форм, направлений и интенсивности изменения последней; разработка научных прогнозов наиболее вероятных экологических последствий таких изменений, а также научно обоснованных методов улучшения характера последствий воздействия общества на природу;

— дальнейшее выявление и оценка новых объемов естественных ресурсов, необходимых для развития социалистического общества, а также определения путей их эффективного использования;

— рациональное развитие, размещение и территориальная организация производства и расселения людей;

— разработка путей целенаправленных преобразований окружающей среды и улучшение условий жизни населения, что осуществимо прежде всего в условиях планового хозяйства развитого социалистического общества.

Все эти направления географических исследований имеют важное значение для выполнения современной советской географией ее социальной функции. Особое место занимает первое направление. Здесь можно выделить некоторые разделы, которые требуют особого внимания. Прежде всего, это разработка научных основ мониторинга окружающей среды и его рациональная организация. **Под мониторингом мы понимаем службу систематического наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды и теми ее изменениями, которые вызваны воздействием человека.**

Исходная ступень мониторинга — санитарно-гигиеническая служба, а также службы, следящие за чистотой воздуха и вод. Эти службы широко используют количественные показатели качества среды в виде предельно допустимых концентраций ряда веществ, токсичных для человека и живых организмов.

Одной этой ступени **антропогенного мониторинга** (назовем ее биоэкологической) все же недостаточно для разностороннего контроля за состоянием окружающей среды. Постоянно расширяя эту ступень, необходимо организовать и более высокую ступень **мониторинга окружающей среды** (назовем ее геоэкологической) для систематического наблюдения за изменением природных экосистем окружающей среды и территориальных комплексов, вызванных воздействием человека. Сейчас в нашей стране имеются лишь фрагменты системы данной ступени мониторинга в виде научно-исследовательских станций, природных за-

поведников и опытных сельскохозяйственных станций. Задача заключается в том, чтобы, увеличив число таких станций, создать достаточную и действенную сеть опорных пунктов геоэкологического мониторинга, которая обеспечит должную надежность и эффективность получаемой важной информации.

Высшая ступень мониторинга окружающей среды — **биосферный мониторинг**, который должен обеспечить наблюдение и контроль за глобальными изменениями состояния всей среды (биосферы). В состав наблюдений такого мониторинга должны войти характеристики изменения солнечной радиации, состава атмосферы, глобального кругооборота воды и важнейших химических элементов.

Глобальный биосферный мониторинг еще нигде практически не организован, хотя предпринимаются меры к его созданию. Географы различных специальностей должны принять в этом важном деле самое активное участие.

Другим важнейшим разделом рассматриваемого направления является разработка научных прогнозов наиболее вероятных геоэкологических последствий антропогенного воздействия на природную среду. Такие исследования сейчас стали называть **научным географическим прогнозом**. Эти прогнозы могут и должны разрабатываться для различных географических объектов и разных периодов времени.

Одна из сложных задач географических прогнозов — определение сущности и интенсивности ответных реакций природной среды на тот



или иной антропогенный стресс. Для определения характера и масштабов таких реакций в конкретных условиях необходимо хорошо знать сущность природных процессов, протекающих в окружающей среде. Поэтому достоверность и точность географических прогнозов будет зависеть прежде всего от общего уровня теоретических географических знаний, а также от знания конкретных особенностей территорий.

Вместе с тем разработка научных географических прогнозов должна всемерно опираться на данные мониторинга по окружающей среде. Вероятно, подобно последнему, географические прогнозы должны относиться как к локальным, так и к региональным и глобальным изменениям в природной среде. Нет сомнения, что общий фронт таких прогностических географических разработок должен всемерно расширяться.

Второе из названных выше направлений современных географических исследований — **дальнейшее выявление естественных ресурсов, необходимых для развития общества.** НТР делает полезными, а иногда даже остро необходимыми многие минеральные и другие виды сырья, которые ранее считались бросовыми; в оборот вводятся новые источники получения энергии; возрастает их взаимозаменяемость. Все такие технологические сдвиги должны строго учитываться при выявлении экономической оценки и промышленном использовании естественных ресурсов.

Следует особо выделить роль освоения естественных ресурсов тер-

риторий с экстремальными природными условиями (крайний север, пустыни, высокогорья). Современное производство и население, вооруженные новейшей техникой, все глубже продвигаются на такие территории. Роль географической науки в их освоении особенно велика, ибо в таких районах взаимодействие природы и общества имеет специфические формы. С одной стороны, природные факторы оказывают сильное влияние на хозяйственную деятельность человека в силу суровых условий для жизни. С другой стороны, природа таких экстремальных районов весьма «ранима», и в ней особенно быстро возникают необратимые изменения. Поэтому разработка географической науки в разработке путей освоения естественных ресурсов и развития производительных сил районов с экстремальными природными условиями особенно ответственна и велика.

Важным разделом современных географических исследований природной среды и ее ресурсов стали работы по изучению **стихийных природных явлений катастрофического характера.** Задача географических исследований в рассматриваемом направлении сводится к максимальному снижению экономического ущерба и обеспечению безопасности населения. При проведении этих работ могут и должны использоваться новейшие геодезические и геофизические методы.

С начала осуществления первых пятилетних планов советская географическая наука участвует в комплексных исследованиях, направленных на **повышение эффективности тер-**

риториальной организации общественного производства. Необходимость изучения территории как объекта современной конструктивно-прогнозной географии, вероятно, не требует доказательств. Ряд вызванных НТР важнейших процессов в развитии общественного производства обуславливает коренные изменения в социально-экономических функциях территорий, быстрые и глубокие территориальные преобразования. Все это значительно повышает роль рационального территориального разделения труда в развитии производительных сил.

Советская географическая наука обладает большим творческим потенциалом для плодотворной научной разработки новых задач. Советским географам надлежит принять активное участие в грандиозном развитии производительных сил страны и всемерно выполнять и в этой сфере своей научной деятельности современную социальную функцию по охране и улучшению окружающей среды.

Географические исследования по проблеме **целенаправленного преобразования природной среды** получили в нашей стране наименование конструктивных исследований. Они ставят своей задачей разработку научных предложений целенаправленного преобразования окружающей среды, обеспечивающих эффективную эксплуатацию естественных ресурсов, рациональную территориальную организацию общественного производства и создание оптимальных условий жизни населения. Необходимыми становятся такие новые формы и способы взаимоотношений

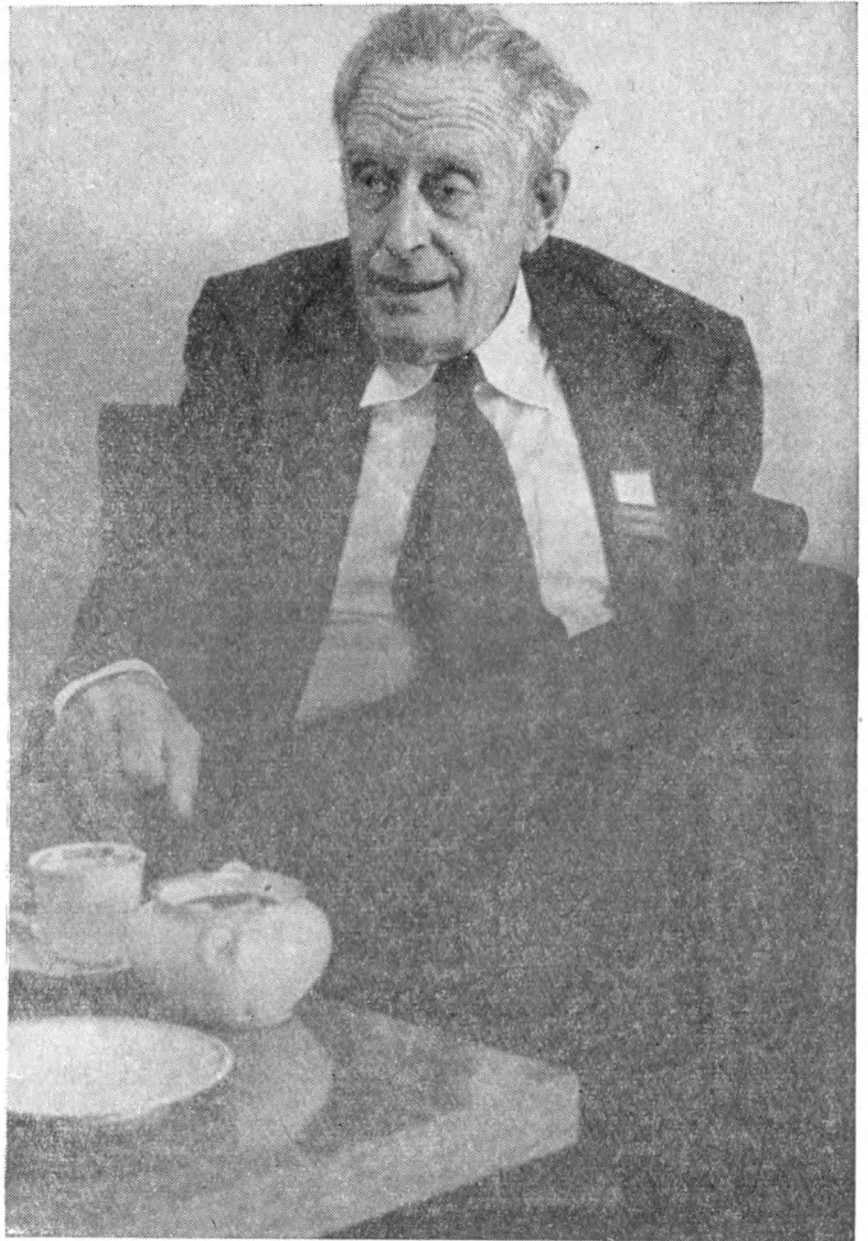
общества и природы, при которых интенсивность использования, возобновления и обогащения естественных ресурсов будут прогрессивно возрастать, а окружающая среда глубоко преобразовываться и улучшаться.

Иначе говоря, дальнейшее гармоническое развитие советского общества в сфере взаимоотношений с природой должно привести к планомерному прогрессивному повышению общего качества окружающей среды. Для этого потребуются активное вмешательство человека в ход процессов в природной среде.

Оптимально организованная среда должна в условиях развитого социализма с наибольшей надежностью обеспечить динамичное развитие производительных сил. Необходимо тщательно изучать опыт человечества по созданию очагов территорий с высокими и длительно существующими уровнями концентрации населения и производства (крупные города, индустриальные узлы, оазисы интенсивного земледелия). Весьма важно выявить для таких очагов критерии пригодности среды для людей и их общественного прогресса. Такого рода экологические критерии должны дополнять показатели экономического развития.

Другим и весьма показательным примером конструктивных разработок в советской географии служат исследования в области **рекреационной географии**. Создание и развитие рекреационных зон вблизи больших городов — важная альтернатива неблагоприятных последствий урбанизации.

Научной основой для конструктив-



ных географических разработок стала концепция о тесной взаимной связи и взаимодействии всех компонентов природной среды. Высокая и

■
Профессор Ж. Дреш, иностранный член АН СССР, председатель Международного географического союза до 1976 года

Фото И. О. Мамаева

устойчивая степень целенаправленного преобразования природной среды, обеспечивающая прогрессивное повышение ее производительности, будет достигаться путем конструирования и создания новых территориальных систем различного назначения (индустриального, городского, рекреационного, агропромышленного). В них естественные при-

родные элементы будут в той или иной мере сохранены, а отчасти преобразованы и дополнены новыми техническими элементами, органически соединенными с природными. Вряд ли будет достаточно сохранять за такими структурами понятие «природные комплексы (ландшафты), преобразованные человеком». Правильнее будет рассматривать их как новые структуры природно-технического характера (геотехсистемы). Конструирование таких новых **природно-технических структурных комплексов** современными методами расчета, моделирования и проектирования и должно стать основным предметом конструктивного научного направления в советской географии.

Надо отдавать себе ясный отчет в том, что охарактеризованные выше конструктивные географические задачи, выдвинутые требованиями современной НТР, будут прежде всего разрабатываться на базе того «основного капитала», который имеет географическая наука. Они должны базироваться на всестороннем знании важнейших закономерностей организации и функционирования естественных природных систем, введение в которые новых техногенных элементов не должно разрушать природные процессы, а регулировать и усиливать те из них, которые повышают общее качество окружающей среды и ее ресурсы. Конструирование новых природно-технических структур должно основываться не на противопоставлении природы и техники, а на их рациональном сочетании и соединении. Вместе с тем развитие конструктивного направле-

ния в географии потребует резкого повышения расширения фронта теоретических, поисковых исследований. При этом оптимизм, трезвая вера в силу науки и разум человека резко отличают конструктивно-географические направления в нашей науке от пессимистических тенденций алармистско-экологического подхода в современной зарубежной географии.

ИЗМЕНЕНИЯ В ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ НАУКЕ

Рост числа используемых компонентов природы, усложнение задач их изучения и использования, рациональное размещение населения и производства требуют сохранения весьма широких общих границ нашей науки и вызывают необходимость еще более глубокой ее дифференциации. Усложняются и многосторонние контакты системы географических наук со смежными науками естественно-исторического, социально-экономического, технического, медицинского и других циклов.

Вместе с тем географическая наука нашего времени приобретает особую целеустремленность, поскольку она ориентирована на разработку научных основ охраны и преобразования окружающей среды в целях повышения эффективности организации жизни общества, рационального использования естественных ресурсов, дальнейшего развития общественного производства и оптимизации условий жизни и деятельности населения. Эта основная целевая установка современных советских географических исследований создает новые стимулы к общей

консолидации географических дисциплин, к укреплению целостности всей системы наших наук. Новые задачи, поставленные перед современной географией, требуют ускоренного развития ее **общей теории** особенно необходимой для формирования конструктивного и прогнозного направлений.

Очень важно также подчеркнуть, что новые задачи географической науки вызывают необходимость коренной модернизации ее подходов и методик. Здесь, однако, существуют еще значительные трудности, которые надо преодолеть. Они заключаются, прежде всего, в необходимости перехода от использования в наших современных исследованиях обычных качественных и описательных географических характеристик к количественным, гораздо более точным. Иначе говоря, потребуются не только дальнейшее развитие и модернизация традиционных методик географической науки, но и глубокая их перестройка. В частности, традиционный компонентный подход к изучаемому предмету, существенно обогащается, когда он трансформируется в современный системный подход. Огромен и потенциал тематического картографирования, причем большое значение приобретает разработка вопросов теоретической картографии.

Все это осуществимо благодаря тем возможностям, которые представляют современной географии общий прогресс всех фундаментальных наук и новейшая техника автоматизированных средств экспериментальных исследований, получения и обработки научной информации.

Здесь имеются в виду космические наблюдения, съемка и дистанционные измерения, морские экспедиционные (в том числе, подводные) исследования, экспериментальные методы исследования с применением электроники и изотопного анализа, информационные системы с использованием ЭВМ; системы автоматического картографирования.

Советская географическая наука успешно развивается на единой методологической основе — марксистско-ленинской философии. Эта основа создает особенно благоприятные условия для выдвижения и развития многих поисковых научных направлений, вызванных к жизни общим ходом нашего общественного развития. Тесная связь с жизнью народа, общее стремление советской науки наиболее полно удовлетворять запросы социалистического общества и коммунистического строительства определяют разнообразие научного поиска в советской географии. Происходящие в эпоху НТР сдвиги в характере и темпах развития общественного производства и его воздействия на окружающую среду определяют особую ответственность географов всех стран за разработку научных основ эффективной охраны и улучшения состояния окружающей среды.

Высокая задача советских географов состоит в том, чтобы, разрабатывая эти научные проблемы и выдвигая предложения для их практического внедрения, всемерно способствовать соединению достижений НТР с преимуществами социализма.



В настоящее время перед советской наукой поставлены новые конкретные задачи, вытекающие из исторического документа «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы», утвержденного XXV съездом КПСС. В нем особое внимание обращается на разработку и осуществление крупных общегосударственных программ согласованных мероприятий для ускорения дальнейшего научно-технического прогресса, отмечается необходимость «разрабатывать и осуществлять мероприятия по охра-

не окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов»*. В разделе о развитии науки выделена задача «развивать научные основы рационального использования и охраны почв, недр, растительного и животного мира, воздушного и водного бассейнов...»**

Тот факт, что эти задачи включены в важнейший государственный документ, не только создает необходимую основу для развития соответствующих научных исследований, но и обязывает нас выполнять их на самом высоком научном уровне.

■
Президент Международного географического союза, избранный на XXIII Международном географическом конгрессе, профессор М. Уайз
Фото И. О. Мамаева

* «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы». М., Политиздат, 1976, стр. 21.

** Там же, стр. 67.

География и географические конгрессы

Международные конгрессы, подготовка которых требует больших усилий и финансовых затрат, стали в известной мере лакмусовой бумажкой, отражающей социальное значение соответствующей науки в той или иной стране в определенный исторический период. В конце XIX — начале XX века рекогносцировочная функция географии все более уступает инвентаризации ресурсов и условий жизни человека. Из программ международных географических конгрессов с 1913 года исчезает секция путешествий: быстро растет число «аналитических» ветвей географии, которые рассматривают отдельные компоненты природы, населения и хозяйства — рельеф, климат, реки, озера, ледники, почвы, растительность, отрасли экономики. Географическое ресурсоведение подержало престиж географии в капиталистическом обществе, нуждающемся для повышения прибылей в разносторонней информации о ресурсах и условиях производства в различных странах и районах.

В 50—60-х годах в мировой географии назревает новый перелом, связанный, во-первых, с активным включением в международное сотрудничество географов социалистических стран, а во-вторых, — с усилением государственно-монополистических тенденций в экономике капиталистических стран. В географии активно развиваются комплексные направления, призванные обслуживать региональное планирование и районную планировку. Тесно переплетающиеся проблемы среды, регионального развития и урбанизации стали стержнем научных программ

Европейской региональной конференции Международного географического союза, проведенной в 1971 году в Венгрии, и XXIII Международного географического конгресса в СССР в 1976 году. Основное место в программе этого конгресса отводилось проблемам окружающей среды, естественной эволюции и антропогенных изменений отдельных ее компонентов, природных и культурных ландшафтов в целом.

Научно-технический прогресс уже сегодня открывает весьма широкие возможности целенаправленного воздействия на различные компоненты географической среды. Мексиканский географ Виво—Эското отмечал в своем докладе на XXIII Международном географическом конгрессе, что проводимые американскими метеорологами эксперименты над ураганами в Карибском море оказали воздействие на 20 стран, расположенных вокруг этого моря. Распыление в кучевых облаках большого количества иодистого серебра способствовало росту облачности и замедлению скорости тропических ураганов примерно на 15%, вследствие чего ураганы меняли траекторию своего движения, а тропические ливни не достигали суши. Эксперименты с ураганами привели к засухам в Мексике и на юге США, а также к тому, что по крайней мере некоторые из ураганов обрушились на страны Центральной Америки. Этот пример свидетельствует об отрицательных последствиях односторонних и недостаточно обоснованных и продуманных воздействий на атмосферные процессы.

Совершенно иной характер имеют

как национальные, так и международные проекты изучения и преобразования природной среды в социалистических странах. Например, в ряде докладов на XXIII конгрессе освещалась разработка проблемы межбассейновых перебросок вод в СССР. Хотя некоторые технические предпосылки межбассейновых перебросок вод уже имеются (о чем свидетельствует опыт строительства канала Иртыш—Караганда протяженностью около 500 км и с подъемом воды на высоту 475 м), партия и правительство намечают осуществление таких проектов только после всестороннего научного исследования условий и возможных последствий таких преобразований.

Изучив проблему загрязнения и естественной очистки вод с учетом напряженного водного баланса районов, географы выступают за скорейшую разработку и внедрение новых технологий, исключающих сбросы даже очищенных сточных вод в реки и водоемы. Перевод промышленных предприятий на оборотное водоснабжение, использование бытовых стоков для орошения сельскохозяйственных полей и другие подобные меры позволят перейти от «лечения» вод к гораздо более эффективному предупреждению их загрязнения.

Обсуждение на конгрессе проблем использования водных ресурсов отразило те существенные сдвиги, которые происходят сейчас в характере географических исследований. Гидрологи кооперируются уже не только с климатологами, геоморфологами и другими специалистами физико-географического профиля, но и с инженерами и экономистами.



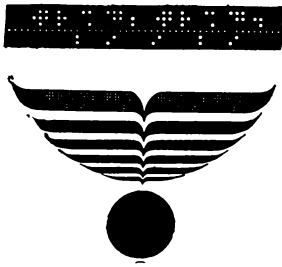
Междисциплинарный характер проблем окружающей среды способствует распространению комплексного подхода к их изучению. Географическое изучение вод становится все более точной наукой. Исследователи уже не ограничиваются инвентаризацией и объяснением гидрологических явлений, а стремятся дать прогноз их развития. Это позволит улучшить водные ресурсы и сохранить их для будущих поколений.

Сегодня проблемы среды и особенности экономического развития в различных странах тесно связаны. В индустриальных странах формиру-

вание крупных территориально-производственных комплексов, а также быстрое развитие туризма создают иногда опасную нагрузку на среду. В условиях социалистической экономики, как было показано в докладах на конгрессе, есть возможности для планомерной оптимизации взаимодействия общества и среды.

XXIII Международный географический конгресс продемонстрировал большой интеграционный потенциал современной географии, сочетающей углубленный анализ отдельных компонентов природной среды, хозяйства и населения с комплексными

исследованиями проблем взаимодействия общества и природы. Опыт развития географии свидетельствует о плодотворности тесной увязки естественных и общественных наук в изучении географической оболочки Земли. Конгресс показал также, что в эпоху научно-технической революции, когда проблемы среды перерастают национальные рамки, а некоторые из них приобретают глобальный характер, географические исследования среды принадлежат к числу наиболее актуальных направлений международного научно-технического сотрудничества.



ПРЕДСКАЗАНИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ

Группа сотрудников Геологической службы США опубликовала заключение, что вулкан Мауна-Лоа на острове Гавайи начнет извергаться не позже, чем в июле 1978 года. Прогноз основывается на

тщательном изучении предыдущей деятельности этого вулкана — одного из самых крупных и активных в мире.

5—6 июля 1975 года Мауна-Лоа пробудился после 25-летнего сна. Извержение было сравнительно небольшим — излилось менее 30 млн. м³ лавы. Однако специалисты считают, что это извержение — лишь первая фаза трехчастного цикла: за событием 1975 года должно последовать сначала еще одно небольшое и кратковременное извержение (также из вершинного кратера), а вскоре — мощное землетрясение на северо-восточном склоне Мауна-Лоа.

Согласно прогнозу, из трещины на этом склоне поднимется «огненный занавес» длиной 1,5—3 км;

ожидается весьма обильное излияние лавы, ее поток за первые двое суток извержения может продвигаться на 15 км по склону. Не исключено, что лавовый поток достигнет города Хило — экономического, и транспортного центра острова Гавайи.

Власти Штата Гавайи серьезно отнеслись к столь детальному прогнозу. Предполагается на пути будущего лавового потока соорудить земляные дамбы и воздействовать большими количествами воды на «передний край» потока: охлаждаясь, он затвердеет и образует непроходимый барьер для следующих «волн» лавы.

«Science News», 109, 13, 1976.



«ЧЕРНОМОР» В БОЛГАРИИ

В нескольких номерах журнала «Земля и Вселенная» читатели могли ознакомиться с историей создания и научными экспериментами подводной лаборатории «Черномор». Здесь мы расскажем о заключительном этапе многолетних исследований — совместной работе с болгарскими и немецкими учеными.

В июне 1973 года «Черномор» на борту теплохода «Анджжан» отправился из Новороссийска в Бургас, а 2 июля научно-исследовательское судно «Академик Л. Орбели» отбуксировало «Черномор» из Бургаса к мысу Маслен (Бургасский округ Народной Республики Болгарии). Советско-болгарскую программу подводных исследований назвали «Шелф — Черномор» в память о первом болгарских подводников — лаборатории «Шелф». Впервые у болгарских берегов (и в девятнадцатый раз за свою жизнь) «Черномор» встал на дно моря 7 июля 1973 года.

Интернациональный экипаж — П. А. Боровиков (СССР) — командир, Л. Клисуров и Н. Дуков (оба из НРБ) — научные сотрудники, А. Н. Подражанский (СССР) — бортиженер и О. И. Куприков (СССР) — старшина водолазной станции работал под водой в течение 16 суток. Программа «Шелф — Черномор» была завершена успешно.

12 июля 1974 года «Черномор» снова погрузился на дно. Командиром двадцатого экипажа был советский специалист О. И. Скалацкий. Остальные члены экипажа — старший водолазный специалист А. Т. Насонов, научный сотрудник В. Г. Якубенко и болгарские ученые — акванавты «Черномора-73» Н. Дуков и Л. Кли-

суров. Подводную лабораторию обслуживало научно-исследовательское судно «Академик Л. Орбели».

Круглосуточную водолазную вахту несли болгарские водолазы во главе с И. Кръстевым. Вахтенные водолазы помогали акванавтам в монтаже тяжеловесного оборудования, сопровождали врачей-исследователей, доставляли с судна в «Черномор» и обратно научные материалы и пищу для акванавтов. Суточный рацион акванавтов включал консервы и горячую пищу, которую готовили на судне (на поверхности), а также в «Черноморе».

Болгаро-советско-немецкую экспедицию возглавлял заведующий лабораторией подводных исследований Института морских исследований и океанологии Болгарской Академии наук Г. Вълчанов.

Дно моря вблизи «Черномора» было превращено в необычную обсерваторию, оснащенную разнообразными приборами для измерения характеристик «подводной погоды». Над поверхностью моря виднелась 22-метровая мачта, установленная на дне с приборами, которые регистрировали состояние морской поверхности и его влияние на световой подводный режим. Измерители течений нескольких типов, смонтированные на специальных опорах, отмечали направление и колебания скорости водных потоков в придонном слое. Здесь же была расположена гирлянда термомпар, которые фиксировали градиенты температуры морской воды. Динамику микроре-льефа дна регистрировали с помощью взвесеуловителей, меченого песка, ловушек для влекомых наносов

и вбитых в дно моря мерных штырей. Этим комплексом измерений руководил Н. А. Есин (СССР) и Л. Стоянов (НРБ). Испытывалась и переносная подводная телевизионная установка. Ее передающей камерой управлял акванавт или водлаз. Видеооптронное устройство находилось на борту судна «Академик Л. Орбели».

Главная цель работ по программе «Черномор» — создание методики подводных исследований и получение новой научной информации по биологии, литодинамике и гидрофизике прибрежной зоны моря. Нельзя было упускать и возможность получения уникальной медико-физиологической информации о человеке под водой. В береговом лагере на мысе Маслен обосновалась Центральная лаборатория изучения мозга Болгарской Академии наук. Под руководством заведующего лабораторией профессора Э. Ацева и доктора С. Димова были поставлены комплексные нейрофизиологические и нейропсихологические исследования. Оказалось, что самые первые и самые существенные сдвиги в организме человека под водой развиваются на уровне нервной системы и что процесс адаптации человека к условиям высокого давления растянут, и в течение трех недель подводной жизни акванавтов этот процесс еще не заканчивается.

Работать за бортом «Черномора» было довольно тяжело — температура воды вблизи дна не превышала 12°C, а чаще всего колебалась между 8 и 9°C. Для многочасовой работы в такой воде акванавтам приходилось надевать по два, а то и по



три гидрокостюма сразу. Поэтому к испытаниям гидрокостюмов с электрическим и водяным обогревом акванавты проявляли живой интерес. Самую высокую оценку акванавтов получил обычный неопреповый костюм, изготовленный в лаборатории подводных экспериментов Южного отделения Института океанологии АН СССР. Холодная вода осложняла не только проведение океанологических исследований, она еще мешала акванавтам посвящать свой досуг подводным археологическим поискам. Где-то совсем близко от места берегового лагеря нашей экспедиции находился древний порт. Во всяком случае дно моря в этом районе, по утверждениям болгарских водолазов, усеяно древними и средневековыми якорями, а также обломками амфор.

31 июля над поверхностью моря поднялись государственные флаги НРБ и СССР, а вслед за ними показались верхняя палуба «Черномора». Двадцатый экипаж «Черномора» окончил свою почти трехнедельную вахту на дне моря и приступил к декомпрессии. А утром 2 августа участники международного эксперимента, представители прессы, кино и телевидения НРБ встречали акванавтов на борту научно-исследовательского судна «Академик Л. Орбели».

■ Отряд акванавтов на палубе «Черномора»

■ Возвращение «домой»

■ Акванавт у треноги с буквопечатающей вертушкой и опрокидывающимся термометром

Фото В. Антипова

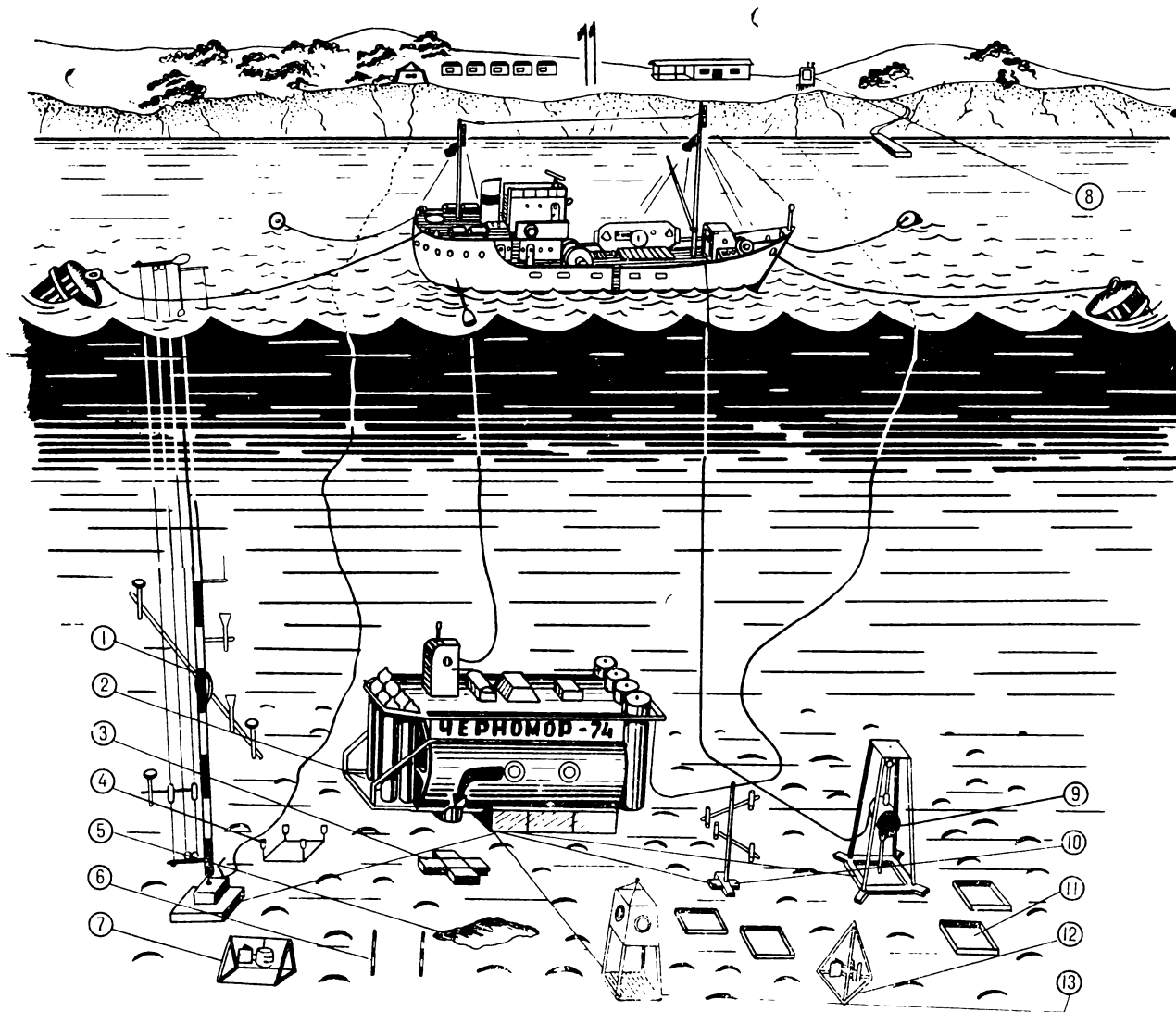


Схема оборудования акватории и береговой базы во время работ по программе «Шельф — Черномор-74»: 1 — мачта для монтажа измерительной аппаратуры, 2 — подводная лаборатория «Черномор», 3 — тестовый полигон для оценки работоспособности акванавтов, 4, 6 — мерные

штыри, 5 — меченый песок, 7 — измеритель средней скорости и направления течений (БПВ-2), 8 — береговой командный пункт, 9 — вибробуровая установка, 10 — измеритель вертикального градиента скорости течения, 11 — ловушки для взвешиваемых наносов, 12 — дистанционный измеритель скорости течений, 13 — убежище для акванавтов

Работой двадцатого экипажа «Черномора» ознаменован последний завершающий этап многолетних исследований Института океанологии АН СССР по программе «Черномор».

Кандидат технических наук
В. П. НИКОЛАЕВ
В. Г. ЯКУБЕНКО



Кандидат географических наук
В. Г. НЕЙМАН

22-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Курчатов»

Систематические комплексные исследования природы и ресурсов Индийского океана начались с борта научно-исследовательского судна «Витязь» Института океанологии имени Л. П. Ширшова АН СССР в 1959—1960 годах в 31-м рейсе. С тех пор в Индийском океане работало много советских океанологических экспедиций на самых крупных в мире исследовательских судах: «Витязь», «Дмитрий Менделеев», «Академик Вернадский» и «Академик Курчатов».

В океанологических экспедиционных программах Индийскому океану отводится особое место из-за аномальных метеорологических и гидрофизических условий, существующих к северу от географического экватора. Столь редкие, как здесь, пространственные неоднородности и значительные временные изменения скорости и направления движения воздушных и водных масс в аналогичных областях других океанов не наблюдаются. Годовая периодичность чередования центров низкого и высокого атмосферного давления над Азиатским материком приводит к фундаментальной сезонной перестройке основных потоков в северной части океана.

С динамикой вод тесно связаны и процессы формирования гидрохимической структуры океана. Гидрохимическая обстановка и биологическая продуктивность в северной части Индийского океана во многом

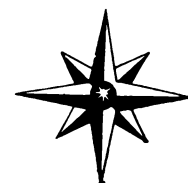
зависят от направления экваториальных течений, от крупномасштабных подъемов вод в районе Сомалийского побережья Африки и в Аравийском море. Поэтому неудивительно, что одна из основных задач 22-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» заключалась в проведении экспериментальных исследований химических, биологических и физических процессов в водной толще и слоях, пограничных с атмосферой и дном. По этим данным можно судить о роли перечисленных процессов в формировании гидрохимической структуры вод северо-западной части Индийского океана. Второй задачей было изучение диагенеза современных донных осадков, то есть физических и химических преобразований составляющих их веществ в различной геологической обстановке. Оба этих главных аспекта химии океана и были положены в основу научной программы экспедиции.

Вспомогательным разделом программы были гидрофизические наблюдения за температурой, соленостью и течениями, а также тонкой термохалинной структурой вод самого верхнего слоя океана.

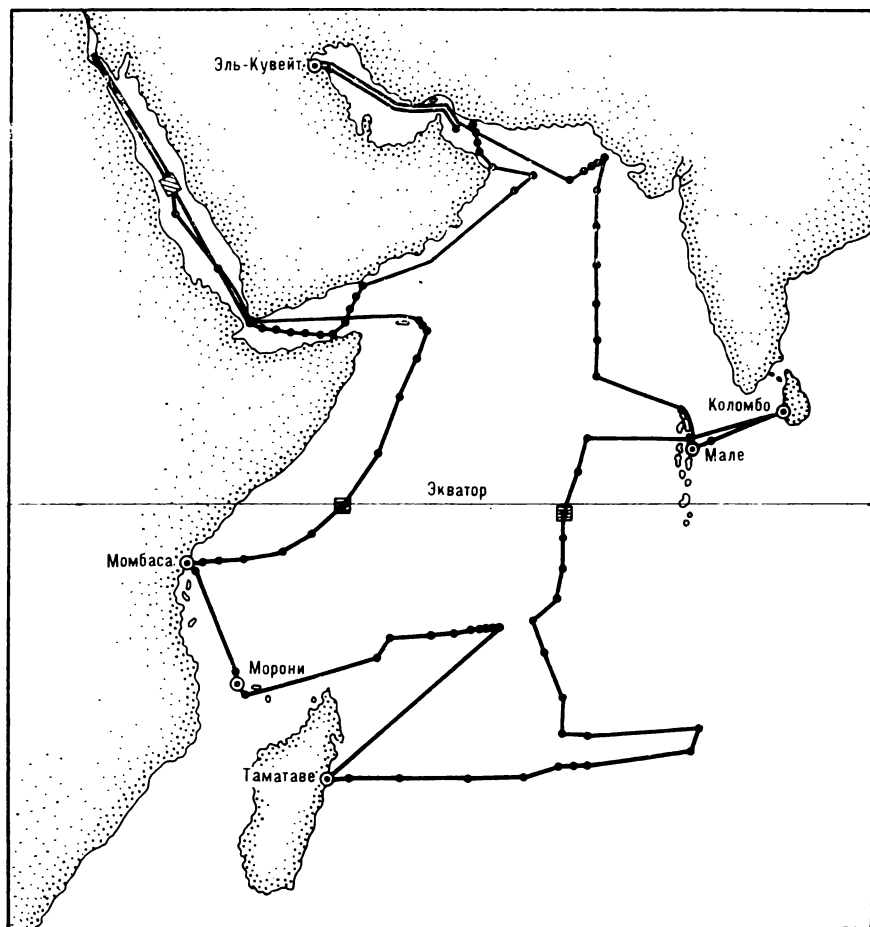
Научную программу экспедиции выполняли девять отрядов и две группы. Среди 80 участников рейса 48 человек представляли Институт океанологии, а остальные 32 были из других организаций, связанных с морскими исследованиями. Рейсом руководили начальник экспедиции В. Г. Нейман и его заместители по основным разделам научной программы — доктор геолого-минералогических наук О. К. Бордовский и

доктор химических наук Э. А. Остроумов. Командовал судном капитан дальнего плавания Н. В. Апехтин. В составе экспедиции на протяжении всего рейса работали пять иностранных ученых. Шведские химики Н. А. Гранели и Н. Л. Даниельсон под руководством профессора Д. В. Дирссена — заведующего Департаментом аналитической химии Гетеборгского университета — исследовали карбонатную систему и делали анализы микроэлементов в морской воде. Г. И. Таммс из Центрального геологического института ГДР и Х. Г. Хрисчев из Геологического института Академии наук НРБ работали в составе геологического отряда.

Рейс начался 14 марта 1976 года в Одессе. Пройдя Черным и Средиземным морями, миновав Суэцкий канал, через неделю экспедиция достигла центральной части Красного моря. Здесь в глубоководной впадине «Атлантик» были взяты пробы донных осадков и придонной воды, обладающие необычными для Мирового океана характеристиками. В недалеком прошлом здесь были обнаружены горячие рассолы — донные воды с температурой около 57° и соленостью более 275‰. Понятно, что район этих термальных вод, подстилаемых уникальными рудоносными илами с высоким содержанием металлов, представлял исключительный интерес для гидро- и геохимиков, а также геологов, работавших в экспедиции. Четверо суток велись предварительные научные исследования в глубоководных впадинах Красного моря. Эти важные работы, дополненные успешными гидрофизическими измерениями,



ЭКСПЕДИЦИИ



секая экватор, на 50° в. д. поставили трехсуточную буйковую станцию для измерения течений. В районе заякоренного буйа на экваториальном полигоне выполнялся также полный комплекс работ по всем разделам научной программы рейса.

Закончив работы первого этапа, 6 апреля судно зашло в кенийский порт Момбасу на восточном побережье Африки. Стоянка продолжалась три дня. Большая группа участников экспедиции совершила увлекательную автобусную экскурсию в один из крупнейших африканских заповедников — Цаво. В портовой части города сохранились остатки старинной португальской крепости, а на центральных улицах царит оживление и торговая суета. Яркими пятнами раскинулись живописные африканские базары.

8 апреля начались работы в районе Маскаренского разреза от северной оконечности Мадагаскара до банки Салья-де-Малья, к югу от архипелага Чагос. Вдоль разреза изучалось влияние подводных поднятий и островов на распределение гидрохимических характеристик вод открытого океана, а также исследовались особенности химии диагенеза донных осадков в различной геологической обстановке. На пути из Момбасы до Маскаренского разреза экспедиция высадилась на Коморские острова («Лунные острова» — так называют их в приключенческой литературе). Исключительно тепло встретили советских моряков и ученых жители и местные власти Морони — столицы независимой республики на острове Гранд Комор. Визит в Морони советского корабля науки

удалось завершить на обратном пути после первичной обработки полученных материалов.

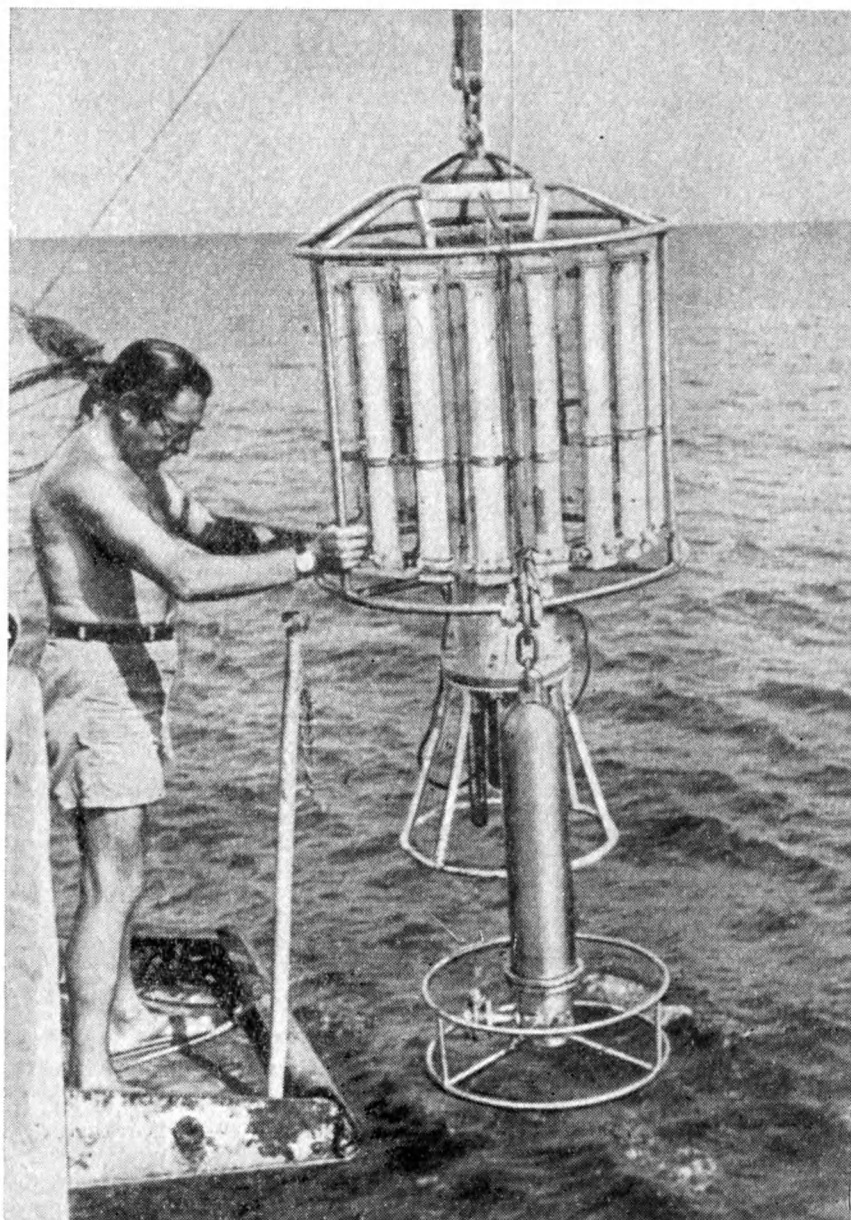
■
Схема маршрута научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» в 22-м рейсе

От острова Сокотры до Момбасы выполнили двенадцать глубоководных станций на Сомалийском разрезе. Проводились в основном гидрохимические работы: необходимо было выяснить трансформацию глубинных красноморских вод на их пути из Аденского залива вдоль восточного побережья Африки. Пере-

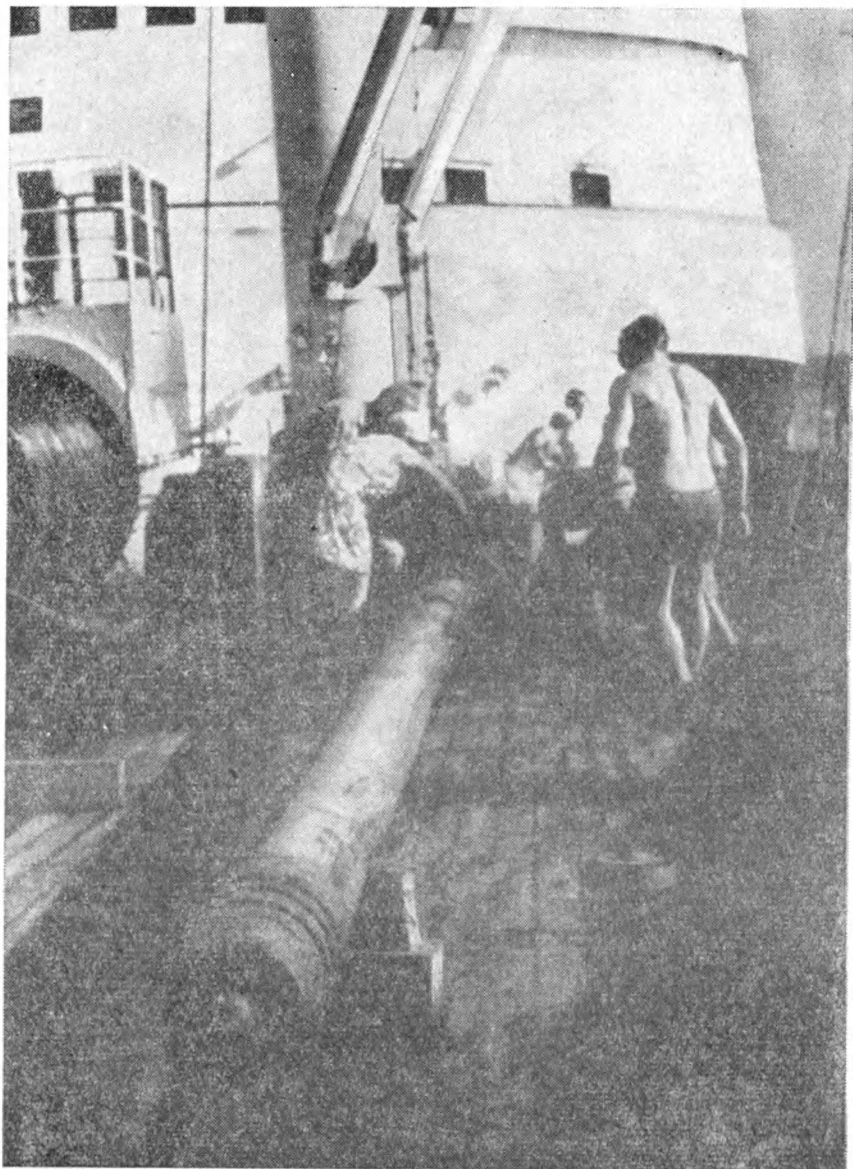
был расценен как свидетельство дружественных отношений между Советским Союзом и Коморской республикой. На борту судна «Академик Курчатов» состоялся прием представителей правительства Коморской республики. Было очень приятно слышать русскую речь некоторых коморцев: они получили высшее образование в Москве, в Университете дружбы народов имени Патриса Лумумбы.

Завершив работы вдоль Маскаренского разреза, экспедиция прибыла в порт Таматаве, расположенный на восточном побережье острова Мадагаскар. Научных учреждений в Таматаве нет. Исключение составляет лишь небольшая сельскохозяйственная станция в пригороде, где несколько сотрудников занимаются селекцией тропических растений.

Экспедиция начала геологические и геохимические работы на широтном разрезе от Мадагаскара до 73° в. д. Этот разрез пересекает геологические структуры на дне океана, связанные с системой Центрального Индоокеанского подводного хребта. Затем судно вдоль меридиана 65° в. д. прошло всю северо-западную часть Индийского океана. Предстояло собрать материалы для изучения пространственных изменений гидрохимической структуры вод океана на пути их распространения из района Аравийского моря в экваториальную область.



■
Гидрохимические зонды перед началом работы



Круглосуточные напряженные работы в открытом океане сменились трехдневной стоянкой в Коломбо — столице государства Шри Ланка. Остров Шри Ланка лежит на перекрестке оживленных морских путей в Индийском океане, поэтому заходы сюда стали традиционными

■
Грунтовая трубка большого диаметра с пробой поднята на борт судна

для советских исследовательских судов. Здесь благоустроенный порт, хорошее обслуживание кораблей и благоприятные условия для короткого отдыха. Однако в больших портах морякам и научным сотрудникам не так уж много приходится отдыхать. Среди местных жителей всегда много желающих посетить судно, посмотреть на оборудование лабораторий, узнать о результатах советских океанологических иссле-

дований. Как правило, для представителей местной прессы и радио устраиваются пресс-конференции.

Через сутки после выхода из Коломбо экспедиция высадилась на один из островков в атолле Ихавандиффулу (Мальдивский архипелаг). Какой натуралист откажется от возможности заглянуть в неопишуемый подводный мир кораллового атолла, лежащего на пути корабля? В этот раз такую возможность предоставило нам правительство Мальдивской республики — было разрешено собрать под водой образцы известковых рифсформирующих кораллов и другие биологические и геологические пробы, интересные океанологам.

После меридионального разреза экспедиция выполнила комплексные геолого-геохимические и гидрохимические исследования в северной части Аравийского моря. Основная направленность исследований в этом районе Индийского океана — изучение условий формирования глубокого минимума в распределении растворенного в воде кислорода, что характерно для Аравийского моря. Кроме того, некоторые исследователи не исключают возможности возникновения в отдельные моменты сероводородного заражения в слое кислородного минимума. Причины этого явления не известны до сих пор.

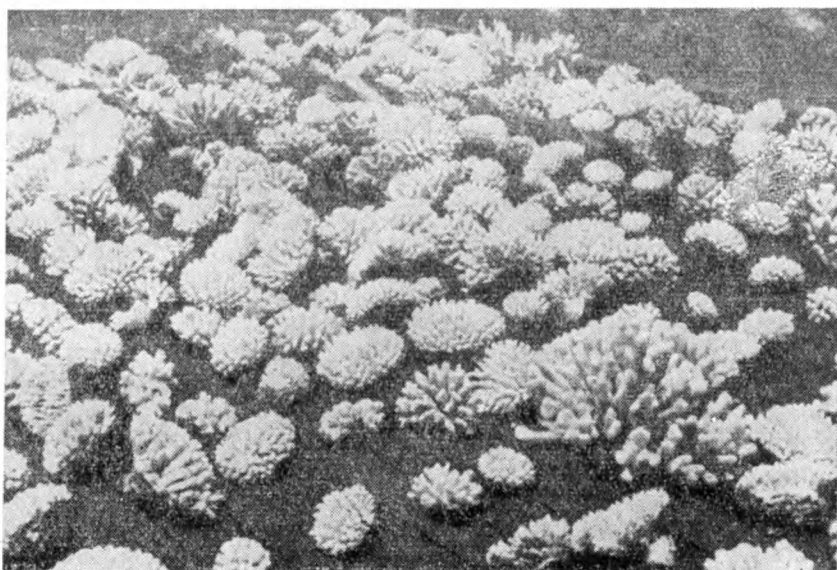
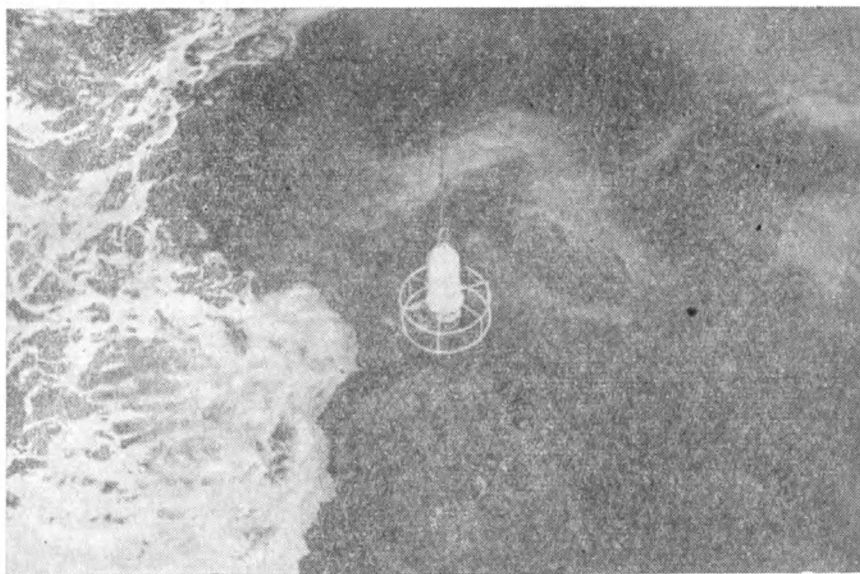
В Персидском заливе удалось выполнить лишь одну комплексную станцию в пределах шельфа, примыкающего к Кувейту. Наше судно посетило порт Эль-Кувейт — столицу этого небольшого арабского эмирата.

Рейс был завершён работами в Аравийском заливе и Красном море. Изучались геотермальные красно-морские воды и подстилающие их рудоносные осадки. Много хлопот участникам экспедиции доставили работы в районе термальных вод Красного моря. Дело в том, что размеры «колодцев», заполненных горячим рассолом, составляют всего несколько километров в поперечнике. При двухкилометровой глубине очень трудно взять пробу точно из центра впадины — ведь за время спуска приборов судно сносит в сторону течением и ветром. Для более точной привязки наблюдений во впадине «Атлантис», наиболее обширной из двух обследованных, поставили буйковую станцию с самописцем течений и сделали подробный промер рельефа дна.

Добыча грунта и воды из глубоководных впадин «Атлантис» и «Дискавери» потребовала большого напряжения сил, мастерства и опыта гидрофизиков, геологов, штурманского состава, палубной команды. В результате за трое суток непрерывной работы весь комплекс запланированных наблюдений оказался выполненным. Несколько колонок грунта, поднятых трубками большого диаметра, пробы, взятые дночерпателями, гидрологические серии с учащенными наблюдениями у дна, профили тонкой термической струк-

■
Автоматический измеритель солёности и температуры морской воды

■
Образцы кораллов с атолла Ихавандиффулу





Совершенствовать преподавание астрономии в школе

Взятый нашей партией курс на сокращение научно-технического прогресса в десятой пятилетке требует повышения качества преподавания фундаментальных дисциплин. Это касается и улучшения преподавания астрономии в средней школе. Проблема пересмотра и изменения школьной программы астрономии назрела и ее обсуждение в журнале «Земля и Вселенная» вполне естественно: бурное развитие науки о Вселенной требует постоянного обновления материала и методики его преподавания. Предложенный Е. П. Левитаном проект новой программы и дискуссия по этому проекту — дело более чем своевременное и нужное («Земля и Вселенная», 1975, № 1, стр. 80—84, № 4, стр. 76—78, № 6, стр. 64—75; 1976, № 4, стр. 77—81, № 6, стр. 52—59.— Ред.). Не рассматривая конкретно программы, которая в целом представляется более адекватной нашему времени, нежели существующая, мне хотелось бы остановиться на ряде вопросов, решение которых призвано

содействовать улучшению преподавания астрономии в средней школе.

В течение пяти лет мне довелось быть руководителем астрономических кружков в различных учреждениях Харькова. Контакты с преподавателями астрономии, беседы с учащимися привели меня к далеко не радостным выводам:

в основном преподавание астрономии в школах ведется людьми, знающими этот предмет лишь в пределах школьного учебника;

отведенных на астрономию часов явно недостаточно даже для поверхностного освещения предмета;

большинство школ страдает от недостатка оборудования, предназначенного для проведения уроков, астрономических наблюдений и различного рода практических работ;

совершенно недостаточен контроль за преподаванием астрономии. Мне кажется, что эти выводы относятся не только к школам, с которыми мне пришлось контактировать. Поэтому здесь есть над чем подумать тем, кто отвечает за организацию

и содержание астрономического образования в средних школах.

Хорошо известно, что астрономию в школе сейчас приходится преподавать не только и не столько выпускникам физических факультетов педагогических институтов. Поэтому, необходимо ввести обязательное преподавание основ астрономии на всех естественнонаучных факультетах университетов и педагогических институтов. Подчеркну, это условие представляется на данном этапе более важным, нежели сама программа. Отрадно, что намечается улучшение подготовки учителей астрономии в ряде педагогических институтов («Земля и Вселенная» № 1, 1976, стр. 81—82.— Ред.). Это — существенный шаг вперед, который несомненно повысит качество преподавания астрономии в школах. Но его осуществление неразрывно связано с усилением преподавательских кадров в самих педагогических институтах.

Немаловажное условие для успешной работы учителей астроно-

туры горячих рассолов, полученные специально сконструированным прибором для измерения высокой температуры воды,— все это существенно дополнило сведения об уникальной воде и осадках на дне Красного моря.

Обратный путь судна проходил через Суэцкий канал, Средиземное море, Гибралтарский пролив, вокруг Европы в родной порт Калининград.

По приглашению ректора Гетеборгского университета на пути домой экспедиция посетила порт Гетеборг, где судно покинули швед-

ские химики. Сотрудники университета во главе с ректором профессором Г. Лундгреном, а также муниципальные власти города проявили к советским ученым и морякам исключительное радушие и гостеприимство. Знакомство с красивым городом Гетеборгом, университетом, беседы со шведскими коллегами — все это оказалось приятным завершением длительного океанского рейса. После посещения Гетеборга 2 июля 1976 года «Академик Курчатов» благополучно возвратился к берегам Родины.

Полученные в рейсе материалы обрабатываются и обобщаются в лабораториях многих институтов Академии наук СССР. Но уже сейчас ясно, что большая часть этих материалов представляет значительный научный интерес и вносит новый вклад в науку о Мировом океане.

Очень неожиданным оказался предварительный вывод, сделанный гидрохимиками, о незначительном влиянии вод Красного моря и Персидского залива на распределение химических веществ в водах север-

мии — наличие специальной литературы. Перерыть гору книг по астрономии учитель не в состоянии, так как уроки астрономии для него не основная нагрузка. Поэтому разумно поставить вопрос о подготовке пособия по астрономии для учителей (и наиболее любознательных учеников!), материал которого был бы более обширным и менее поверхностным, чем в учебнике. Это помогло бы самообразованию учителей астрономии и развитию интереса школьников к изучению астрономии.

Ряд проблем, стоящих перед школьным преподаванием астрономии, помогут, на мой взгляд, решить астрономические кружки и родственные им коллективы. Как правило, кружками руководят энтузиасты, достаточно компетентные в вопросах любимой ими науки и не жалеющие сил для ее повсеместной популяризации. Такой астрономический кружок в состоянии организовать для учащихся ближайших школ практические занятия и наблюдения, а

также проводить собеседования с учителями, чтобы ознакомить их со спецификой астрономического обобщения и работы с ним.

В помещении кружков специалисты-астрономы (если таковые в городе имеются) могут читать лекции как для учителей, так и для школьников. Полезная инициатива в этом направлении проявлена астрономическим кружком при Дворце пионеров Орджоникидзевова района Харькова. Многие старшеклассники и учителя побывали во дворце на лекциях по астрофизике, которые прочитали сотрудники Харьковского университета. Подобный опыт, как нам представляется, заслуживает внимания и дальнейшего расширения. Кроме всего, это поднимает престиж самих астрономических кружков, которые, увы, остаются пасынками в большой семье внешкольных коллективов.

Эффективность преподавания астрономии возрастет, если будет не на словах, а на деле реализована межпредметная связь курсов астроно-

мии и физики. Трудно отыскать раздел физики, к примеру, изучаемый в 10 классе, который бы прямо или косвенно не имел «выхода» в астрофизику. Поэтому логично было бы ввести в учебники ряд задач и астрофизических иллюстраций законов физики. Причем это можно сделать не только для 10, но и для 8—9 классов, отчего, во-первых, курс физики станет более современным и только выиграет, и, во-вторых, появится возможность повысить научное содержание курса астрономии.

Таким образом, создание новой школьной программы по астрономии — не обособленная проблема, ее решение возможно лишь в сочетании с целым комплексом мер. Наиболее важными из них представляются: целевая подготовка преподавательских кадров, расширение связи школ с астрономическими кружками, разработка пособия для учителей астрономии.

Кандидат физико-математических наук

В. П. ВАСИЛЬЕВ

ной части океана. Ранее считалось, что это влияние очень существенно, но данные последней экспедиции опровергают подобное предположение. Оказалось, что по мере удаления от источников с аномальным содержанием химических веществ (Красное море и Персидский залив) гидрохимическая структура вод быстро трансформируется и ее аномальные черты исчезают. На первый взгляд, казалось бы, не столь уж значительное это открытие. Однако подобного рода сведения очень важны при изучении баланса хими-

ческих веществ в океане, а с ними связана биологическая продуктивность океанических вод.

Впервые во впадине «Атлантис» обнаружены выходы на поверхность дна минеральных солей (эвапоритов), что заставляет ученых по-новому подойти к проблеме генезиса рудоносных осадков и термальных вод Красного моря.

Особое место среди результатов экспедиции занимают измерения температуры и солености в глубоководных красноморских впадинах. Полученные многократно и различны-

ми методами, они выявили увеличение температуры горячих рассолов у дна моря более чем на 5° по сравнению с предыдущими оценками, сделанными 5 лет назад американскими учеными. В Красном море зафиксирована температура воды 62° С! Какую роль играет в динамике вод океана столь мощный подогрев со дна океана? Эта проблема еще ждет решения, для которого потребуются дополнительные факты из новых будущих экспедиций.

Фото автора

Александр

Александрович

Блок

(1880—1921)

* * *

О край небес — звезда омега,
Весь в искрах, Сириус цветной.
Над головой — немая Вега
Из царства сумрака и снега
Оледенела над землей.

Так ты, холодная богиня,
Над вечно пламенной душой
Царишь и властвуешь поныне.
Как та холодная святыня
Над вечно пламенной звездой!

27 января 1899

КОМЕТА

Ты нам грозишь последним часом,
Из синей вечности звезда!
Но наши девы — по атласам
Выводят шелком миру: да!
Но будят ночь все тем же гласом —
Стальным и ровным — поезда.

Всю ночь льют свет в твои селенья
Берлин, и Лондон, и Париж,
И мы не знаем удивленья,
Следя твой путь сквозь стекла крыш,
Бензол приносит исцеленья,
До звезд разносится матчиш!

Наш мир, раскинув хвост павлиний,
Как ты, исполнен буйством грез:
Через Симплон, моря, пустыни,
Сквозь алый вихрь небесных роз,
Сквозь ночь, сквозь мглу — стремят отныне
Полет — стада стальных стрекоз!

Грозись, грозись над головою,
Звезды ужасной красота!
Смолкай сердито за спиною,
Однообразный треск винта!
Но гибель не страшна герою,
Пока безумствует мечта!

сентябрь 1910

Борису Садовскому

* * *

Шар раскаленный, золотой
Пошлет в пространство луч огромный,
И длинный конус тени темной
В пространство бросит шар другой.

Таков наш безначальный мир.
Сей конус — наша ночь земная.
За ней — опять, опять эфир
Планета плавит золотая...

И мне страшны, любовь моя,
Твои сияющие очи:
Ужасней дня, страшнее ночи
Сияние небытия.

6 января 1912



ДЕМОН

Иди, иди за мной — покорной
И верною моею рабой.
Я на сверкнувший гребень горный
Взлечу уверенно с тобой.

Я пронесу тебя над бездной,
Ее бездонностью дразня.
Твой будет ужас бесполезный —
Лишь вдохновеньем для меня.

Я от дождя эфирной пыли
И от круженья охраню
Всей силой мышц и сенью крылий
И, вознося, не уроню.

И на горах, в сверканьи белом,
На незапятнанном лугу,
Божественно-прекрасным телом
Тебя я странно обожгу.

Ты знаешь ли, какая малость
Та человеческая ложь,
Та грустная земная жалость,
Что дикой страстью ты зовешь? —

Когда же вечер станет тише,
И, околдованная мной,
Ты полететь захочешь выше
Пустыней неба огневой, —

Да, я возьму тебя с собою
И вознесу тебя туда,
Где кажется земля звездой,
Землею кажется звезда.

И, онемев от удивленья,
Ты узришь новые миры —
Невероятные виденья,
Создания моей игры...

Дрожа от страха и бессилья,
Тогда шепнешь ты: отпусти...
И, распутив тихонько крылья,
Я улыбнусь тебе: лети.

И, под божественной улыбкой,
Уничтожаясь на лету,
Ты полетишь, как камень зыбкий.
В сияющую пустоту.

9 июня 1916

Составитель М. З. ГОРДОН



Руководитель отдела
телескопостроения
Центрального совета ВАГО
М. М. ШЕМЯКИН

V коллоквиум телескопостроителей

Созванный Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом (ВАГО) в конце апреля 1976 года в Баку V коллоквиум по любительскому телескопостроению показал энтузиазм любителей, их стремление создавать все более мощные телескопы и увеличивать эффективность методов постройки любительских инструментов и получаемых с ними результатов.

Возникают новые группы и кружки телескопостроителей в разных отделениях ВАГО, объединяющие главным образом молодежь — пионеров и школьников. Их руководители — преподаватели средней школы, студенты и любители астрономии — стремятся передать им свой опыт, увлекают своим примером. Интересно отметить, что тема одного из докладов на коллоквиуме звучала так: «О подготовке молодежи к творческой работе по астроприборостроению». Ведь именно творческий элемент в деятельности любителей всегда был стимулом хороших результатов. Докладчик, преподаватель физики в средней школе города Верещагино (Пермское отделение ВАГО) Л. Н. Гаврилов считает основной задачей телескопостроителей улучшение методов обработки и испытания зеркал телескопов, освоение более сложных оптических систем, например таких, как менисковые. В этом докладе нашли отражение основные тенденции современного любительского телескопостроения в нашей стране — массовость, возрастание роли коллективной формы работы, освоение более сложных систем любительских инструментов, поиск рациональных методов в работе.

Мощность самодельных телескопов неуклонно увеличивается. Если еще недавно диаметр главного зеркала среднего любительского телескопа не превышал 150 мм, то сейчас он составляет 200—300 мм. Среди любительских телескопов мы все чаще видим инструменты с двумя асферическими зеркалами — это телескопы системы Кассегрена, выполненные на высоком техническом уровне и обладающие хорошими оптическими качествами. Появились первые самодельные менисковые телескопы, хотя изготовление мениска любительскими средствами — очень трудная задача, которая пока редко решается вполне удовлетворительно.

Не буду перечислять все доклады и выступления на коллоквиуме — их было много и почти все они представляют интерес. Некоторые выступления вызвали оживленную дискуссию, а подчас и споры по принципиальным или частным вопросам. Приведу лишь несколько примеров из всего богатого материала коллоквиума, наиболее ярко иллюстрирующих основные направления развития любительского телескопостроения.

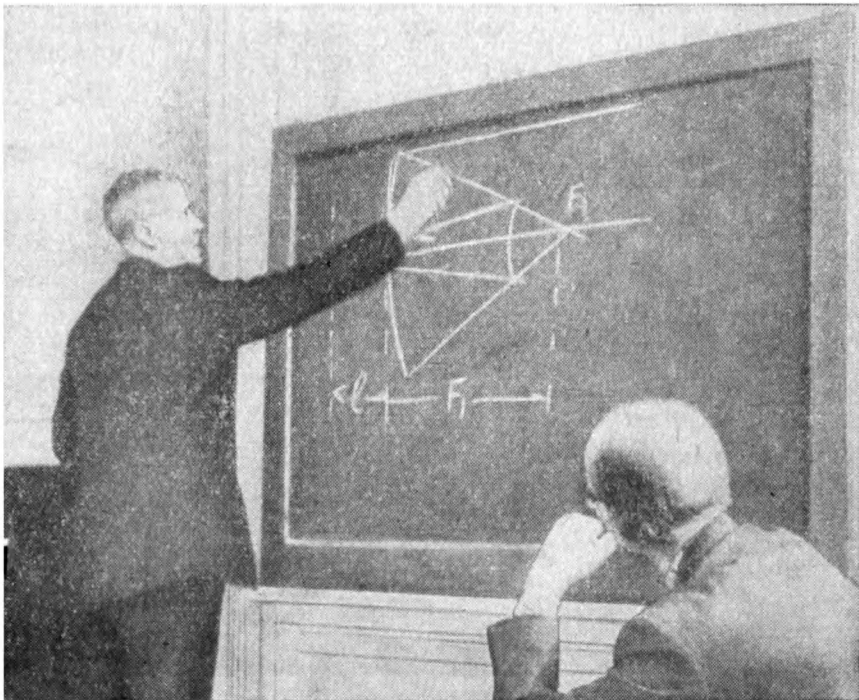
В Бакинском Дворце пионеров и школьников имени Ю. А. Гагарина, где состоялись заседания коллоквиума, уже много лет работает одна из самых сильных в нашей стране групп телескопостроителей. Руководит этой группой С. И. Сорин. Любители располагают металлообрабатывающими станками и другим оборудованием. Строительство телескопов здесь сочетается с изучением их теории и вопросов астрономии. Ведутся наблюдения, организуются экспедиции, собираются конферен-

ции. Некоторые ребята, занимавшиеся в этом кружке, стали научными работниками, сотрудниками астрономических учреждений.

В течение длительного времени в Крымском отделении ВАГО, которым руководит В. В. Мартыненко систематически на самодельных инструментах наблюдаются метеоры. Результаты этих наблюдений публикуются в астрономических журналах. Основной контингент наблюдателей — школьники. В Крымском отделении ВАГО руками любителей изготовлено для телескопа зеркало диаметром 770 мм, построен 540-миллиметровый рефлектор и много других инструментов.

Хочу еще раз подчеркнуть, что многое в любительском телескопостроении делают школьники. В пионерском лагере «Орленок» создана группа астроприборостроителей, которую возглавляет С. С. Войнов. Раньше он работал в Новосибирском отделении ВАГО, где под его руководством ребята создали ряд приборов для телескопа — электрофотометр, спектрометр и др.

Продолжают успешно работать и телескопостроители старшего поколения. В Ленинградском отделении ВАГО известный любитель астрономии А. С. Фомин усовершенствовал свой 340-миллиметровый универсальный телескоп. В Московском отделении ВАГО Д. А. Наумов закончил строительство 250-миллиметрового телескопа системы Кассегрена. По мнению специалистов, зеркало этого инструмента сделано «на отлично». Служат делу распространения астрономических знаний народная обсерватория, построенная в Ростове-на-

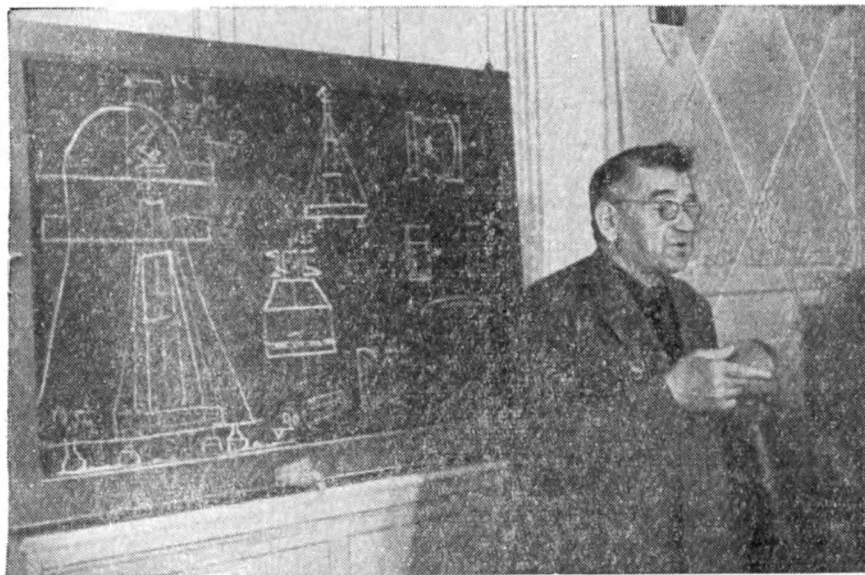


Дону А. А. Михеевым, и изготовленный им сдвоенный передвижной телескоп.

На коллоквиуме был вновь поднят вопрос о необходимости наладить обмен опытом с любителями астрономии в социалистических странах. Советские телескопостроители могут поделиться своими достижениями в изготовлении и исследовании оптики. Но они могут и кое-что позаимствовать из богатого опыта любителей Чехословакии, где любительское телескопостроение, тесно связанное со строительством народных обсерваторий, стоит на высоком уровне, или Венгрии, в которой очень много любителей астрономии.

На пути развития любительского телескопостроения немало трудностей. До сих пор в продаже нет материалов и деталей, необходимых для создания телескопа. Особенно трудно приходится любителям, живущим вдали от больших городов. Где достать стеклянные диски или толстое стекло для изготовления главного зеркала телескопа, абразивные и полирующие материалы, окуляры или линзы? Где алюминировать зеркало? С такими вопросами непрерывно обращаются любители в ВАГО и в редакции журналов. Обсуждались эти вопросы и на коллоквиуме. Решено было просить соответствующие организации и предприятия помочь любителям. В ближайшее время, по-видимому, начнут выпускаться наборы материалов для постройки самодельных телескопов.

Несомненно, и в дальнейшем любительское телескопостроение в нашей стране будет также успешно развиваться.

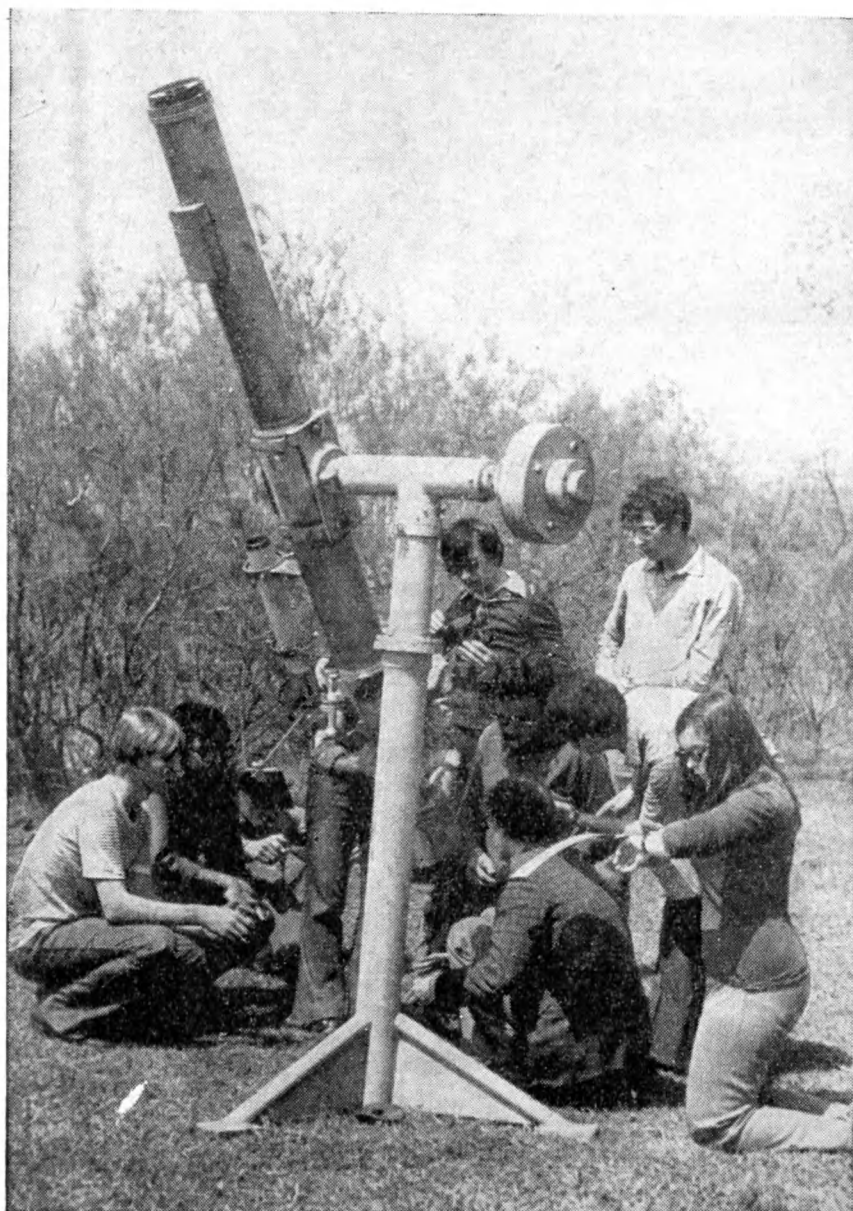


С докладом выступает С. И. Сорин — руководитель группы телескопостроителей во Дворце пионеров и школьников имени Ю. А. Гагарина города Баку

А. А. Михеев рассказывает о созданной им в Ростове-на-Дону народной обсерватории

Фото А. Н. Подъяпольского

На затмении в Сальянах (ВПЕЧАТЛЕНИЯ НАБЛЮДАТЕЛЯ)



За свою жизнь мне довелось наблюдать три полных затмения Солнца, разделенных почти саросами. Впрочем, интервал между двумя первыми затмениями, 19 июня 1936 года и 30 июня 1954 года, точно равнялся саросу. Третье полное затмение мне удалось увидеть 22 сентября 1968 года, через 14 лет после второго.

Нет ничего более впечатляющего, чем полное затмение Солнца. Когда за минуту до полной фазы как бы огромным реостатом выключается солнечный свет, появляется красноватое заревое кольцо, а затем на небе вспыхивает солнечная корона, несравнимая по красоте ни с какими описаниями и репродукциями, душу охватывает чувство прекрасного, и ты не веришь, что все это происходит на самом деле.

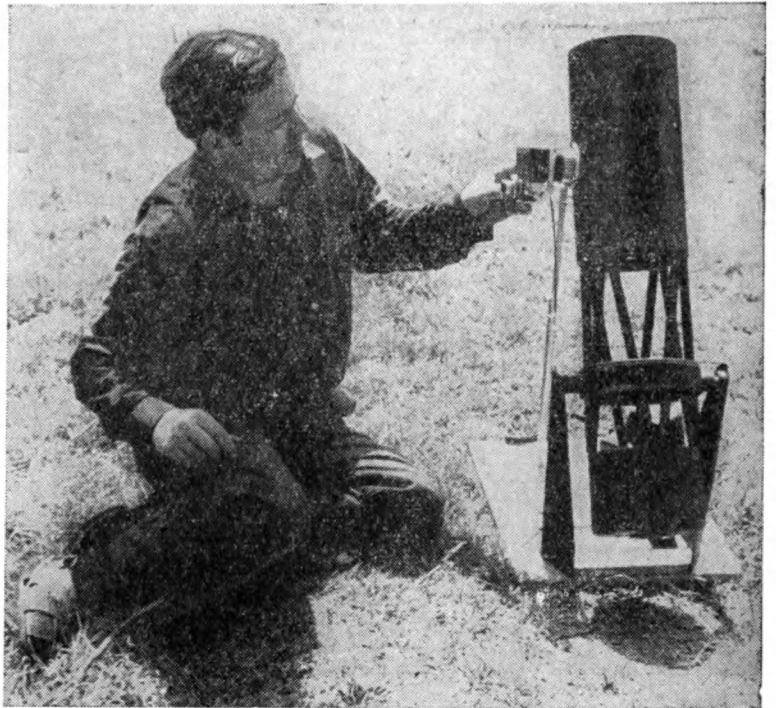
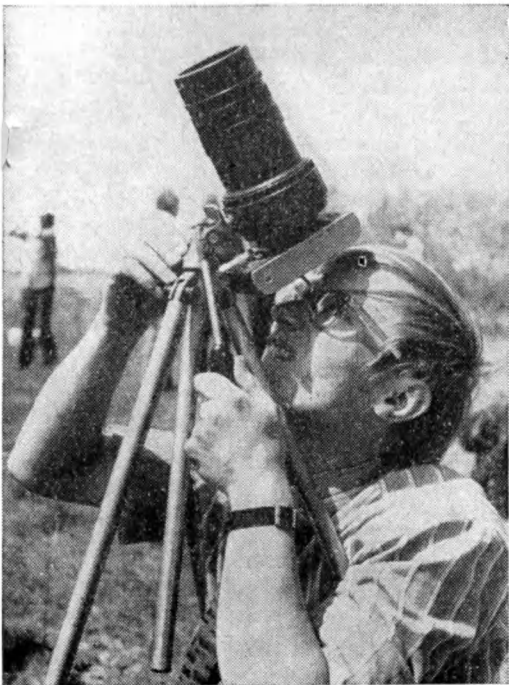
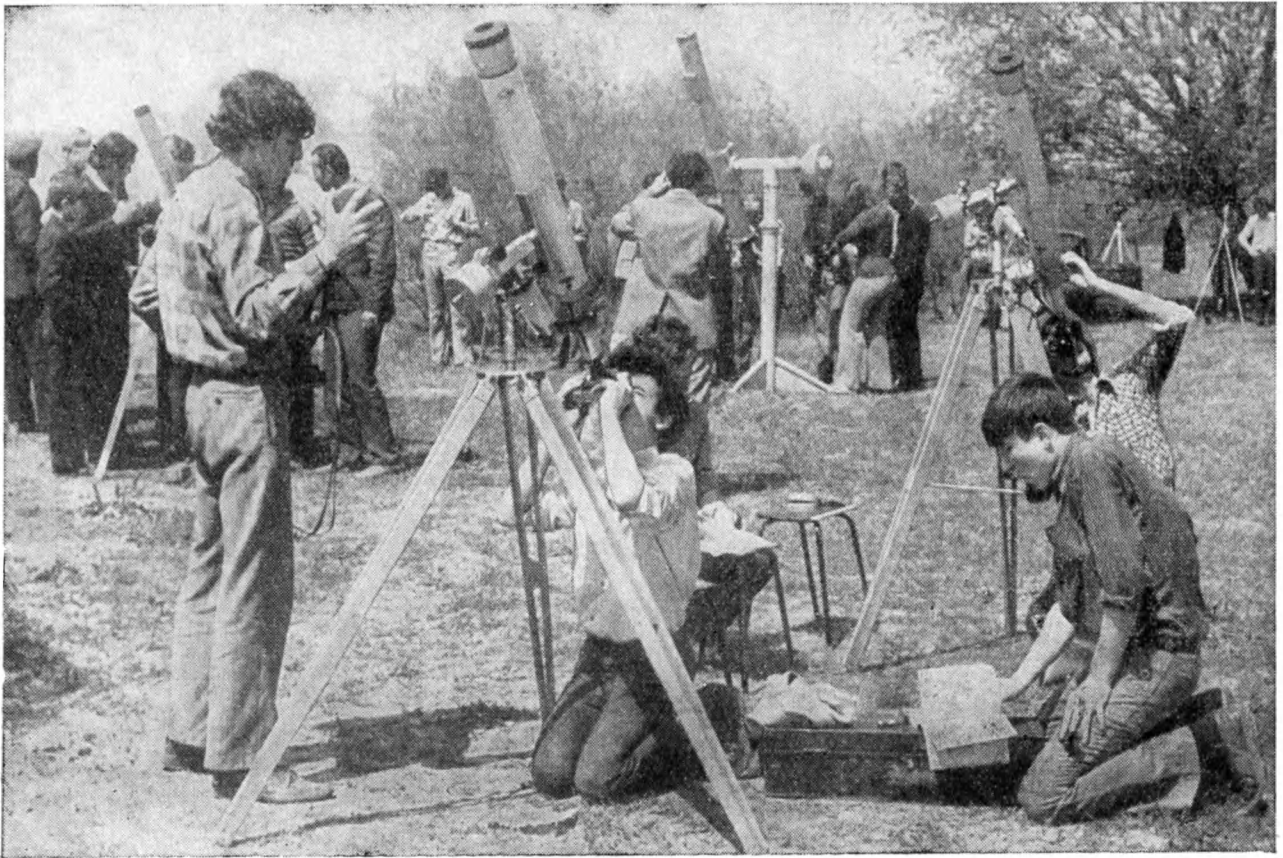
Мне удалось наблюдать корону 19 июня 1936 года в максимуме солнечной активности, 30 июня 1954 года — в минимуме, а 22 сентября 1968 года корона была промежуточ-

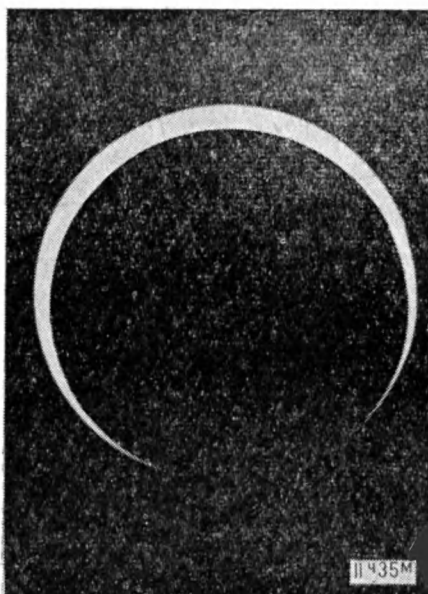
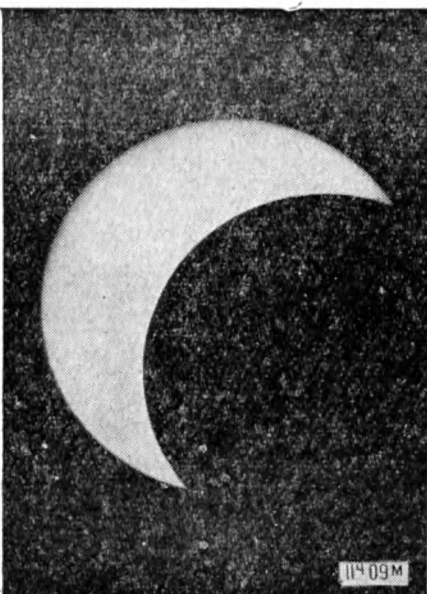
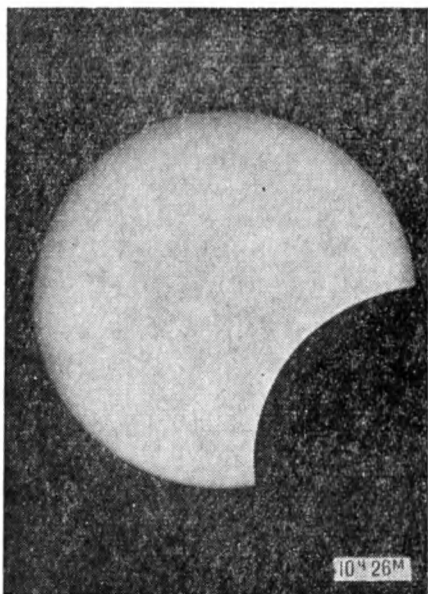
■
Члены астрономического кружка Дворца пионеров и школьников имени Ю. А. Гагарина города Бажу готовят к наблюдениям 108-миллиметровый гелиограф

■
Идет фотографирование частных фаз затмения

■
В. Г. Шуваев (Москва) нацелился на Солнце объективом МТО-500

■
Е. Г. Мышко (Ульяновск) у своего 165-миллиметрового рефлектора





ного типа. Различна была и яркость неба. Если 19 июня 1936 года на небе сияла не только Венера, по которой я гидировал камеру, но также Марс, Меркурий и звезды первой величины, то 30 июня 1954 года была видна лишь одна Венера.

А вот кольцеобразное затмение я увидел первый раз только 29 апреля 1976 года. В апреле 1976 года в Баку проходил V коллоквиум по любительскому телескопостроению (см. статью М. М. Шемякина в этом номере журнала), и Центральный совет Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) решил организовать для участников коллоквиума наблюдения кольцеобразного затмения в местечке Сальяны, в 120 км южнее Баку. Большинство экспедиций астрономических обсерваторий нашей страны собралось в Батабаде Нахичеванской АССР, где ожидалась наибольшая длительность кольцеобразной фазы и в это время высота Солнца была максимальной в СССР.

Около 30 участников коллоквиума рано утром 29 апреля выехали на автобусе в Сальяны. Вместе с нами отправились члены астрономического кружка Дворца пионеров и школьников имени Ю. А. Гагарина

города Баку. Они везли главный инструмент нашей «экспедиции» — 108-миллиметровый гелиограф, сделанный на базе рефрактора.

Ребята быстро выгрузили и установили гелиограф, начали его юстировку. Тем временем и другие участники нашей «экспедиции» стали готовить свои инструменты: два любительских рефлектора, менисковый телескоп, несколько рефракторов, фотообъективы. В 13 часов 57 минут по местному времени (9 часов 57 минут Всемирного времени) был отмечен первый контакт. На юго-западе солнечного лимба появилась едва заметная щербинка, которая быстро росла. Началось фотографирование частных фаз.

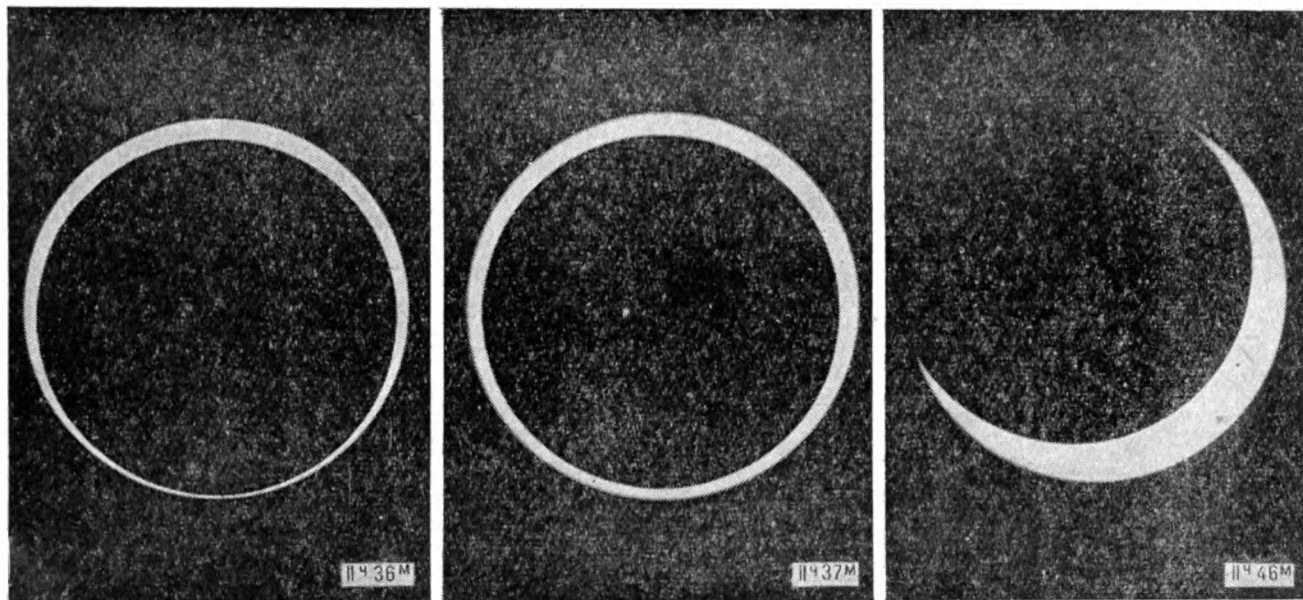
Несмотря на то, что среди нас были люди, съехавшиеся из различных городов страны, на наблюдательной площадке быстро установился порядок, четкое распределение обязанностей. Одни фотографировали, другие отмечали время и обстоятельства съемки, третьи вели запись.

Особенно четко работали бакинцы у гелиографа. Питомцы С. И. Сорина прошли достаточную практику в Баку, фотографируя Солнце на этом инструменте. Москвичи Г. В. Шуваев

и Д. А. Наумов снимали затмение с помощью объективов МТО-500, установленных на штативах, Т. Л. Коровкина из Ярославля — в МТО-1000. В. И. Кириченко из Новосибирска решил обойтись без штатива, делал снимки, лежа прямо на земле. Недалеко от него Е. Г. Мышко из Ульяновска установил свой 165-миллиметровый самодельный рефлектор Ньютона с фотокамерой-зеркалкой в фокусе.

И вот приблизился момент кольцеобразной фазы. Л. Н. Гаврилов, прехавший на коллоквиум из города Верещагино Пермской области, любезно предложил мне наблюдать кольцеобразную фазу в его самодельный менисковый телескоп. Л. Н. Гаврилов — пока единственный в СССР любитель, самостоятельно построивший менисковый телескоп Максутова. Качество изображения его телескоп дает отличное. Вот на-

■
Снимки солнечного затмения 29 апреля 1976 года, полученные на 80-миллиметровом школьном телескопе с фотокамерой «Зенит». Наблюдатели — Ю. Д. Очищенко и В. С. Белый (Донецк)



чали смыкаться рожки солнечного серпа, затем между ними вспыхнули несколько ярких точек — это через «ложбины» лунного края пробиваются лучи Солнца. Такое явление мне не раз приходилось наблюдать во время полных солнечных затмений, оно называется «четками Бейли». Проходят 2—3 секунды — и четки слились. Началось кольцеобразное затмение. Громко объявляю «Нуль!» и веду счет секундам для всех наблюдателей. Впрочем, длительность кольцеобразной фазы здесь 5 минут 36 секунд — намного больше, чем во время наблюдавшихся мною полных затмений, где полная фаза продолжалась не более двух минут. Во время второго и третьего контактов пытаюсь увидеть протуберанцы или следы короны на том краю Солнца, где происходит внутреннее касание лунного края с солнечным. Ничего не видно! Кольцо широкое, дает много света, и рассеяние в атмосфере Земли забивает слабый свет протуберанцев, хромосферы и короны. Чтобы их увидеть нужен узкополосный фильтр.

Смотрю на небо: нет ли хотя бы Венеры? — и тоже не нахожу. Небо светлое. Время от времени пробегают легкие облачка, к счастью, не

мешающие наблюдениям. Все сосредоточенно фотографируют.

Но вот северо-восточный край кольца становится все уже и вдруг разрывается, причем не в одном, а сразу в нескольких местах — это лунные горы преграждают путь лучам Солнца. Светлый пунктир утончается, исчезают последние светлые точки и рожки серпа начинают расходиться. Кольцеобразная фаза закончилась. Работа на площадке продолжается, но наблюдатели уже переходят от одной группы к другой, делятся впечатлениями и результатами.

Возвратившись в Баку, узнаю, что в Батабаде был проливной дождь и все съехавшиеся туда научные экспедиции потерпели неудачу, за исключением радиоастрономов, для которых и дождь не помеха. В свое время академик В. Г. Фесенков, имевший большой опыт в организации наблюдений солнечных затмений, настоятельно советовал не собирать много экспедиций в одном пункте, чтобы непогода не могла сорвать программу всем сразу. Очень жаль, что московские, киевские и азербайджанские астрономы не воспользовались этим советом и не организовали дополнительного пункта на-

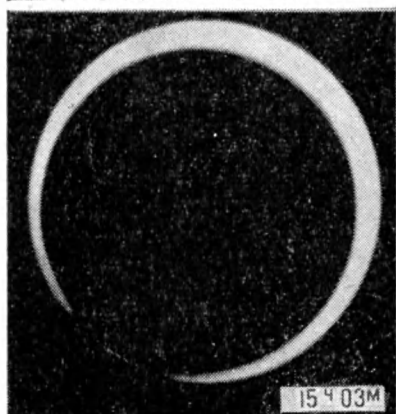
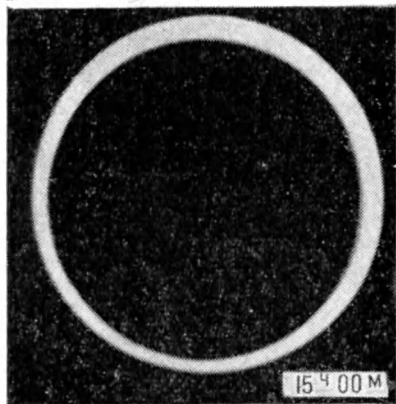
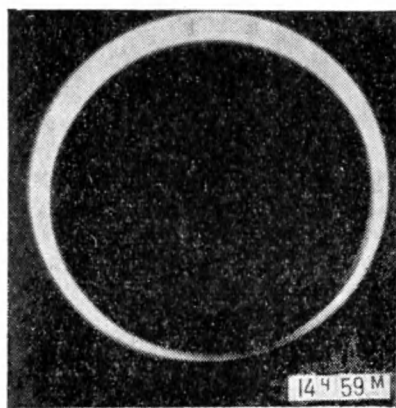
блюдений, хотя бы в Сальянах. Конечно, нельзя предугадать, кому больше повезет, но шансы на хорошую погоду удвоились бы.

Наша «экспедиция» не ставила перед собой серьезных научных задач. Ее целью было: показать членам ВАГО, руководителям астрономических кружков и обществ редкое небесное явление, дать им возможность получить его фотографии, привезти и продемонстрировать их затем любителям астрономии. Эта задача была выполнена.

Фото Э. Г. Понягина



Любители астрономии наблюдают затмение



29 апреля 1976 года на значительной территории нашей страны (кроме Забайкалья и Дальнего Востока) можно было наблюдать частное затмение Солнца. Лишь в узкой полосе на юге Закавказья и Средней Азии затмение было кольцеобразным. Многие любители астрономии успешно наблюдали частное затмение и прислали фотографии этого явления.

Экспедиция Узбекистанского отделения ВАГО, включавшая в основном школьников 7—10 классов, наблюдала кольцеобразное солнечное затмение в поселке Дехканабад Кашкардарьинской области. Экспедиция располагала зрительной трубой ЗРТ-457, тремя установками с телеобъективами МТО-1000, тремя фотокамерами, морским хронометром. Утро 29 апреля началось с огорчений: все небо было затянуто облаками. Но к полудню на небе появились просветы и удалось наблюдать почти все затмение.

Ребята определили моменты контактов затмения и длительность кольцеобразной фазы — 4 минуты 22 секунды. Одновременно с регистрацией моментов велось фотографирование, а Эдуард Миссаров делал зарисовки фаз затмения. На трех установках с телеобъективами МТО-1000 было получено 150 снимков.

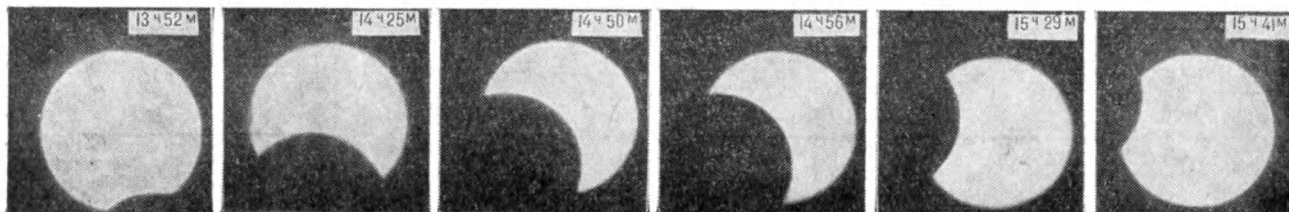
Кольцеобразные фазы солнечного затмения 29 апреля 1976 года. Снимки сделали в поселке Дехканабад участники экспедиции Узбекистанского отделения ВАГО

На протяжении всего затмения ребята выполняли актинометрические наблюдения. Через светофильтры они измеряли поток солнечной радиации. Следили ребята и за изменениями температуры и скорости ветра. Согласно их наблюдения температура к моменту полной фазы уменьшилась на 15°, а скорость ветра возросла с 3—4 м/с в начале затмения до 10 м/с в середине.

Серию фотографий затмения сделал Алексей Лосюк, ученик 10 класса Средней школы № 4 города Воронежа. Максимальная фаза затмения в Воронеже была 0,63. Алексей снимал Солнце с помощью 80-миллиметрового школьного телескопа и фотоаппарата «Зенит-ЗМ». Ему удалось получить 60 снимков. Фотографии оказались хорошими, на них видны солнечные пятна.

Проходящие облака помешали многим наблюдателям, например, москвичам В. С. Акуратнову, А. А. Сметанину и А. Балашову. Из них лучшие снимки прислал в редакцию В. С. Акуратнов. Он снимал затмение фотоаппаратом «Зенит-Е», прикрепленным к трубе «Турист-1». Эффективное фокусное расстояние этой установки составляло 1,2 м, так что диаметр диска Солнца на негативе был 11 мм. На снимках В. С. Акуратнова тоже видны пятна, хотя и не так четко, как у А. Лосюка. В Москве наибольшая фаза затмения была 0,52, но в это время Солнце едва просвечивало сквозь облака.

Члены астрономической секции Ярославского отделения ВАГО наблюдали затмение на учебной обсер-



ватории Ярославского педагогического института. Камерой «Зенит-3М», укрепленной на 130-миллиметровом телескопе АЗТ-9, было сделано 28 снимков затмения. Вначале фотографирование велось с интервалом примерно 20 секунд, чтобы можно было определить момент первого контакта графическим способом. По данным ярославских любителей астрономии, Всемирное время первого контакта в Ярославле $9^{\circ}54'54'' \pm 4''$.

В городе Каменске Ростовской области затмение наблюдали десятиклассники Валерий Кравцов, девятиклассник Петр Деркач, а также восьмиклассник Вячеслав Кораблев. На школьном менисковом телескопе с помощью фотоаппарата «Зенит-Е» они получили 30 негативов. Максимальная фаза затмения в Каменске была 0,71.

Но больше всего снимков (971) сделал во время затмения десятиклассник С. Латушко из города Алейска Алтайского края. Он фотографировал затмение самодельной фотокамерой, укрепленной на окулярной части теодолита.

Частное затмение в Калининграде фотографировали члены астрономического кружка Средней школы № 32 под руководством председателя Калининградского отделения ВАГО Л. И. Бирюкова. В. и Д. Васильевы и С. Полячков из города Байрам-Али Туркменской ССР наблюдали кольцеобразное затмение и прислали в редакцию свои рисунки. В письме ребята сожалеют о том, что не достали фотоаппарат и не смогли снять такое редкое явление... Хорошие рисунки прислал и



Гуськов — ученик 10 класса Средней школы № 3 Пярну.

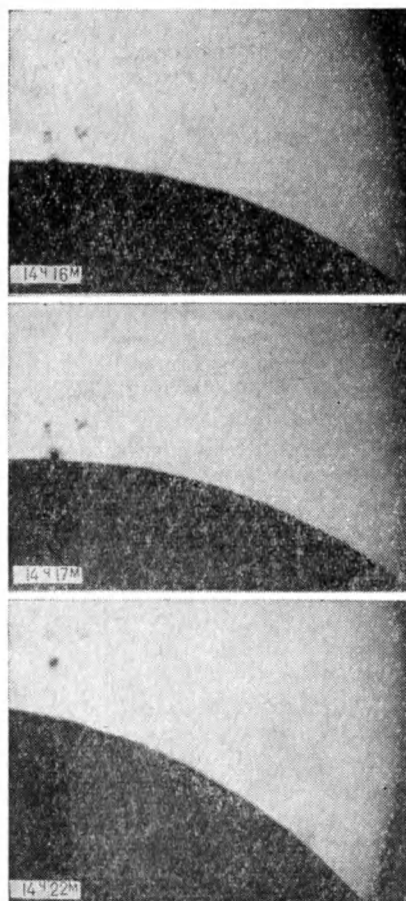
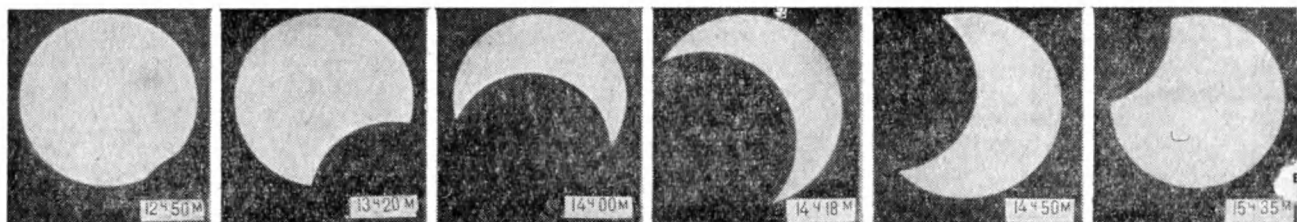
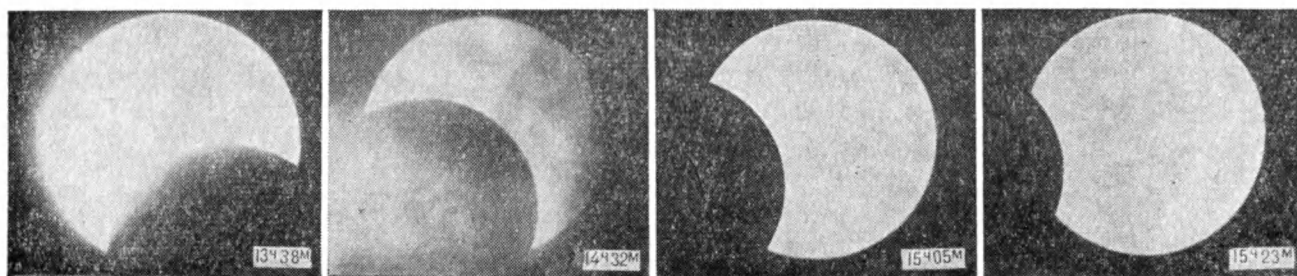
Б. Ю. Родионов и А. И. Воронов в Курске наблюдали затмение в 58-миллиметровую трубу. Они отметили с точностью до секунды моменты контактов диска Луны с краем солнечного диска и моменты закрытия солнечных пятен. Первый контакт в Курске наступил в $9^{\circ}42'20''$, четвертый — в $12^{\circ}33'55''$ Всемирного времени.

Покрытие Луной пятен, обозначенных Б. Ю. Родионовым и А. И. Вороновым буквами А, В и С, продолжалось 79, 65 и 10 секунд, соответственно. Зная, что Луна надвигалась на эту группу пятен своим передним краем (то есть почти по диаметру),

нетрудно рассчитать поперечники пятен. Часовое перемещение Луны относительно Солнца, по данным «Астрономического календаря» на 1976 год, составляет $6640''$, значит, перемещение ее за минуту — $11,67''$. Отсюда с помощью простых пропорций найдем угловые диаметры пятен А, В и С, а затем и их линей-

■
Солнечное затмение 29 апреля 1976 года в Каменске Ростовской области. Фотографии Валерия Кравцова, Петра Деркача и Вячеслава Кораблева

■
Ученик 8 класса Средней школы № 47 города Ташкента Андрей Кансы фотографирует затмение



ные диаметры: пятно А — 11 200 км, пятно В — 9200 км, пятно С — 1400 км.

В Черновцах заведующий сейсмической станцией университета Г. В. Брусенцов и лаборант Н. Е. Брусенцова измеряли приток солнечной радиации во время затмения. Они отметили начало затмения в 9^ч22^м Всемирного времени, наибольшую фазу (0,66) около 10^ч45^м, конец затмения в 12^ч22^м. Согласно их наблюдениям, затмение Солнца резко отразилось на притоке солнечной ра-



Солнечное затмение 20 апреля 1976 года в Воронеже. Фотографии Алексея Лосюка



Солнечное затмение 29 апреля 1976 года в Алейске Алтайского края. Фотографии С. Латушко



Крупномасштабные снимки, демонстрирующие выход солнечных пятен из-за диска Луны. Снимки сделали 29 апреля 1976 года ярославские любители астрономии

диации. У пиранометра, имеющего шкалу в 100 делений, в момент наибольшей фазы стрелка с отсчета 99 отклонилась до деления 17,5. Такое сильное уменьшение притока радиации сказалось на облачности: перестали клубиться и начали распадаться и растекаются кучевые облака. Были замечены также значительные колебания и в направлении и скорости ветра. За время затмения температура воздуха понизилась на 1,8°, а давление повысилось на 5 мм рт. ст.

Снимки частных фаз солнечного затмения 29 апреля 1976 года получили также Юрий Балан — восьмиклассник из города Светогорска Ленинградской области, Александр Солодьков и Олег Сорокин — восьмиклассники из Таганрога, инженер В. Н. Истомина из Белгорода, Владимир Гуляев и Юрий Ковалев — ученики 9 класса Средней школы № 38 города Барнаула и И. И. Метус из Омска. Редакция благодарит всех за присланные фотографии и публикует наиболее удачные из них.



Дракон

Несметные сокровища звездных алмазов сияют над нами в синей ночи. И за тысячи лет ни одна из звезд не исчезла. А все потому,— утверждает древняя вавилонская легенда,— что их зорко охраняет неусыпный страж, жестокий Дракон, поставленный посреди неба верховным богом Мардуком.

Некогда Мардук вступил в борьбу с чудовищем Таимат — прародительницей всех злых сил — и победил ее. Из ее тела победитель сотворил Землю, а из кожи, сверкающей алмазами, создал небо со звездами. Небесный свод Мардук укрепил золотым стержнем и посадил возле него Дракона, который, извиваясь вокруг полюса, ежесуточно обходит свои владения.

Этот древнейший легендарный мотив был воспринят греческой мифологией в разных вариантах. В одном из них Дракон — это змей Ладон, потомок титаниды Кето, такого же чудовища, как вавилонская Таимат. Именно дракону Ладону богиня Гера доверила охрану золотой яблони, которую подарила ей Мать — Земля в день свадьбы с Зевсом. Золотое дерево росло в божественном саду на склонах горы Атлас, где заканчивали свои ежедневные путешествия усталые солнечные кони Гелиоса и паслись несметные стада титана Атласа. Вначале золотые яблоки охраняли геспериды, дочери Атласа. Но с некоторых пор Гера перестала им доверять и поставила сторожить дерево всевидящего змея. Ладон бдительно нес свою службу, пока в саду не появился Геркулес. Он убил змея, добыл золотые яблоки и вру-

чил их Эврисфею, царю Тиринфа и Микен, у которого Геркулес служил.

Гера долго оплакивала гибель Ладона и увековечила его на небе созвездием Дракона. На древних картах рядом с Драконом изображался Геркулес, попирающий ногой голову змея.

Другой миф гласит, что некогда Гея — богиня Земли позавидовала воцарению богов Олимпа над людьми и, желая зла олимпийцам, сотворила из капель крови Урана — Неба гигантов для борьбы с богами. Это были исполины со змеевидными ногами.

Десять лет длилась Гигантомахия. Наконец по велению Зевса в борьбу вступили Геракл и богиня Афина-Паллада. Один за другим перед ними пали гиганты Алкионей, Порфирион, Палант... На исходе борьбы в гневе и ярости Афина подняла одного из исполинов и швырнула в небо. Кольцами змеи закрутился он вокруг Северного полюса, да так и остался там навсегда.

Дракон извивается не только около полюса мира, но и около Северного полюса эклиптики. Таким он изображался на древних звездных картах. Кстати, 4700 лет назад самая яркая звезда созвездия Дракона — Тукан была полярной и находилась на четверть градуса ближе к полюсу, чем сейчас Полярная.

Известны и другие легенды о Драконе. В античной вазовой живописи очень популярным был сюжет сражения беотийского героя Кадма, основавшего Фивы, с Драконом. Полагали, что именно этот Дракон увековечен на небе. Христиане усматривали в созвездии искусителя Евы, дракона ада, которого убил святой Георгий.

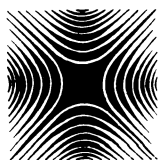
Существовали и другие названия созвездия Дракона. Индусы видели в созвездии Крокодила, древние жители Месопотамии — Корону неба. Римляне называли его и Драконом, и Гесперидумом — стражем вечерней звезды, а также Эскулапиусом в честь известного врача, эмблемой которого была змея.

И. И. НЕЯЧЕНКО



■
Фрагмент звездной карты с созвездиями Дракона, Геркулеса и Малой Медведицы (Штолемей «Альмагест», 1551)

■
Созвездие Дракона (Vacharach «Astrologia», 1545)



КОСМИЧЕСКАЯ
ФИЛАТЕЛИЯ

Луноходы на марках

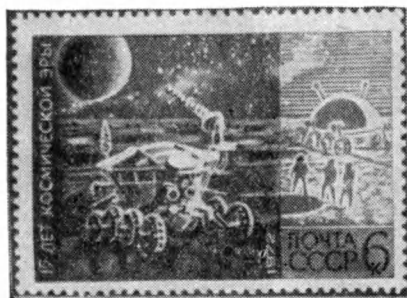
Как известно, «Луноход-1» был доставлен на Луну станцией «Луна-17» в ноябре 1970 года. Это событие нашло отражение на многочисленных марках, блоках и конвертах, изданных почтовыми ведомствами различных стран мира.

В нашей стране луноходу была посвящена серия из четырех марок «Освоение космоса» (художник Р. К. Стрельников, 1971 г.). Серия иллюстрировала некоторые этапы полета станции «Луна-17», а также исследование Луны «Луноходом-1». На блоке, воспроизводившем те же марки в натуральных цветах, был напечатан текст: «17 ноября 1970 года впервые в истории космонавтики доставлен на Луну советский самоходный исследователь — «Луноход-1».

На одной из марок показана посадка станции на Луну. Этот же сюжет можно видеть на почтовой миниатюре Социалистической Республики Вьетнам. На марке Кубы луноход изображен на платформе станции. На марке Германской Демократической Республики показана платформа станции с откинутыми сходнями, по которым луноход медленно спускается на лунную поверхность.

В серию советских марок вошли и две почтовые миниатюры. На одной из них — лунный пейзаж с посадочной ступенью станции и первая колея, проложенная луноходом. На другой: справа — антенна Центра дальней космической связи, откуда велось управление самоходным аппаратом; слева — водитель лунохода, сидящий за пультом управления. К сожалению, на этой марке допущена ошибка. Чтобы на экране наземного видеоконтрольного устройства увидеть луноход,





стоящий на платформе, понадобилась бы телевизионная камера на Луне, способная передать его изображение со стороны. Такой камеры в действительности не было.

На советской и польской марках хорошо видно самоходное шасси, обеспечивающее движение лунохода в условиях лунного «бездорожья». На советской марке показаны колеса из проволочной сетки с пластинками-шпорами для лучшего сцепления с грунтом. Марка Польской Народной Республики дает представление о больших маневренных возможностях лунохода — конструкция шасси позволяла преодолевать небольшие углубления, кратеры и даже трещины на поверхности Луны.

На советской марке кроме лунохода изображен пятиугольный выпел с барельефом В. И. Ленина. Этот выпел был доставлен на Луну вместе с Государственным флагом СССР и Государственным гербом Советского Союза.

Эпопея «Лунохода-1» нашла отражение также и на марках Чехословацкой Социалистической Республики в серии «День космонавтики» (1971 г.), Венгерской Народной Республики в сериях «Космическая станция «Луна-17» (1971 г.) и «Экспериментальный полет «Аполлон» —

«Союз» (1975 г.), Социалистической Республики Румынии в серии «Советские космические станции «Луна-16» и «Луна-17» и многих других стран. В Народной Республике Болгарии был издан блок «Автоматическая космическая станция «Луна-17».

Уникальный лунный эксперимент был продолжен в январе 1973 года, когда станция «Луна-21» доставила на Луну второй самоходный аппарат. Советское почтовое ведомство посвятило этому событию блок «12 апреля — День космонавтики». На одной из марок можно увидеть некоторые отличительные особенности нового лунохода: три телевизионные камеры — вместо двух, измененный вид прикрывающих их щитков, несколько иное расположение приборов и углового отражателя, хотя в целом вид лунохода и шасси остался прежним — сказалась высокая надежность первоначально разработанной конструкции.

На луноходе и посадочной ступени станции «Луна-21» были установлены Государственный флаг СССР, Государственный герб Советского Союза и выпел с барельефом В. И. Ленина и надписью: «50 лет СССР». Этот выпел золотистого цвета был изображен на всех тематически связанных почтовых миниатюрах.

Оригинально решена композиция с изображением лунохода, Земли, звездного неба и национального узора на марке, выпущенной Монгольской Народной Республикой.

Луноходы — первый этап в использовании самоходных аппаратов для исследования небесных тел Солнечной системы. Будущее применение луноходов для строительства научных баз и лабораторий на Луне отражено на советской марке в серии «15 лет космической эры», выполненной по рисунку летчика-космонавта СССР А. Леонова и художника А. Соколова.

С. Б. АБРАМОВ

НОВЫЕ КНИГИ

«ОЧЕРКИ О ВСЕЛЕННОЙ»

Издательство «Наука» выпустило в 1976 году седьмое (переработанное и дополненное) издание книги Б. А. Воронцова-Вельямпинова «Очерки о Вселенной». Жизнь этой книги, которая вначале называлась «Вселенная», началась ровно 30 лет назад. Поэтому седьмое издание очень отличается не только от первого, но и от ряда предыдущих. В книгу включено множество совершенно нового материала, изложенного в доступной и увлекательной форме.

Книгу открывают два введения: первое — «Звездное небо», второе — «Глаза, уши и руки астрономов». Затем следуют 12 глав, составляющие две части книги: «Мир твердого вещества» и «Мир газа».

Название глав первой части книги: «Главные члены солнечной семьи», «Планеты — крошки», «Видимое и что», «Падающие звезды и звездные дожди», «Небесные камни и пыль». Во вторую часть книги вошли следующие главы: «Ближайшая к нам звезда — Солнце», «Звезды — далекие солнца», «Пульсации и взрывы звезд», «Мир звездных скоплений и рассеянных газов», «Острова Вселенной», «Рождение, жизнь и смерть звезд», «История Земли и планет».

ТРУДЫ В. Г. ФЕСЕНКОВА

«Солнце и Солнечная система» — так названа книга, в которой собраны избранные труды одного из крупнейших советских астрофизиков, академика Василия Григорьевича Фесенкова (1899—1972). В сборник вошли работы, содержащие исследования физических характеристик Солнца, планет и их атмосфер, Луны, зодиакального света и межпланетной среды, малых тел Солнечной системы, а также работы в области космогонии Солнечной системы.

Сборник открывается статьей Г. Ф. Ситника «Жизнь и деятельность Василия Григорьевича Фесенкова». Первая часть книги («Газово-пылевая составляющая Солнечной системы») состоит из следующих разделов: «Зодиакальный свет», «Пылевая материя в межпланетном пространстве», «Околосолнечное газово-пылевое облако».

Вторая часть целиком посвящена Солнцу.

Третья часть («Планеты, спутники, кометы») содержит «Общие вопросы», а также разделы «Луна», «Марс», «Юпитер», «Кометы».

Четвертая часть книги называется «Проблемы космогонии и жизни во Вселенной». Эта часть книги состоит из двух разделов «Космогония Солнечной системы» и «Проблемы жизни во Вселенной».

Сборник завершается «Библиографией научных трудов В. Г. Фесенкова по теме «Солнце и солнечная система».

Сборник вышел в свет в издательстве «Наука» (1976 год). Ответственный редактор — доктор физико-математических наук Г. Ф. Ситник. Как подчеркивается в предисловии к сборнику: «Редколлегия стремилась, чтобы материалы, вошедшие в сборник, отражали как новые оригинальные идеи В. Г. Фесенкова, так и этапы развития той или иной проблемы, решаемой ученым, с тем чтобы они могли служить источником для дальнейшего исследования. Кроме того, редколлегия отбирала материалы, которые могут иметь

непосредственное практическое значение для работы соответствующих специалистов».

ШКОЛЬНЫЙ УЧЕБНИК

В 1976 году издательство «Проsvещение» выпустило восьмое, переработанное издание учебника по астрономии для средней школы. Автор «Астрономии» член-корреспондент АПН СССР Б. А. Воронцов-Вельяминов. Спецредактор книги — А. В. Засов. Параграф о Солнце написан при участии Э. В. Кононовича.

Первый раздел книги («Введение») несколько сокращен, поскольку из него в третий раздел («Физическая природа тел Солнечной системы») перенесены параграфы, относящиеся к методам астрофизических исследований. В отличие от предыдущих изданий в первом разделе книги дается понятие о календаре.

Второй раздел книги («Строение солнечной системы») в основном остался без изменений.

В третий раздел включены новые данные о Луне и планетах.

В четвертом разделе книги («Солнце и звезды») более строго и обстоятельно изложен материал о Солнце.

Пятый раздел («Строение Вселенной») практически не подвергался переработке.

Шестой раздел («Происхождение и развитие небесных тел») завершается небольшим параграфом «Проблема внеземных цивилизаций и материалистическая картина мироздания». Из других изменений и дополнений, сделанных в восьмом издании школьного учебника, следует отметить включение во многие параграфы новых задач и упражнений. В учебнике сделана попытка теснее связать курс астрономии с курсами других школьных предметов.

Наиболее важные изменения, сделанные в учебнике, нашли отражение и в школьной программе по астрономии.

1 ЯНВАРЬ ФЕВРАЛЬ 1977 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физико-математических наук Д. Я. МАРТЫНОВ

Ответственный секретарь кандидат педагогических наук Е. П. ЛЕВИТАН

Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗОТОВ, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ

Адрес редакции: 117049, Москва В-49, Маро́новский пер., д. 26, тел. 237-59-93, 237-02-67

Художественный редактор Л. Я. Шимкина

Корректоры: С. М. Веритэ, Т. Н. Морозова

Номер оформили: Е. К. Верентина, Т. А. Григорьева, В. И. Кноп, Н. В. Новикова, Г. А. Матвеев

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

T-18659. Подписано в печать 20/XI 1976. Сдано в набор 27/IX 1976 г. Формат бум. 84×108¹/₁₆. Печ. л. 6,0 (10,08). Уч.-изд. л. 11,1. Бум. л. 3,0. Тираж 53 000 экз. Заказ 1194. Цена 50 коп.

2-я типография издательства «Наука». 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Десятая пятилетка — это пятилетка огромных масштабов и больших экономических возможностей. В развитие народного хозяйства будет вложено более 621 млрд. рублей. За пять лет производство стали вырастет на 27,2 млн. т, нефти — на 149,2 млн. т, газа — на 145,7 млрд. м³, угля — на 103,7 млн. т, электроэнергии — на 341,4 млрд. кВт · ч. На 45,1 млрд. рублей возрастет производство товаров народного потребления. Почти на 40 млн. т должен увеличиться среднегодовой сбор зерна.

В целом же абсолютные приросты важнейших показателей развития народного хозяйства в этой пятилетке будут самыми высокими за всю историю страны.

Вместе с тем центр тяжести плановых разработок все более перемещается в сторону качественных показателей. В этом находит свое отражение требование партии — работать лучше, работать эффективнее, работать с максимальной отдачей.

Производительность труда в народном хозяйстве станет выше на 25%. За этот счет предусматривается получить 90% прироста продукции промышленности и весь прирост продукции сельского хозяйства и объема строительно-монтажных работ.

Более быстрыми темпами будут развиваться отрасли, находящиеся на переднем крае научно-технического прогресса.

За пять лет народное хозяйство получит значительное количество новой техники. Серьезные меры предусмотрены по совершенствованию технологий, внедрению прогрессивных видов материалов, комплексной механизации и автоматизации производства. Широкое применение научно-технических достижений позволит значительно снизить себестоимость продукции и в расчете на 1980 год получить дополнительную экономию на сумму 20 млрд. рублей.

В соответствии с аграрной политикой партии проект пятилетки предусматривает дальнейшее упрочение материально-технической базы сельского хозяйства. На его нужды будет выделено более 170 млрд. рублей. Это огромная сумма. Скажу откровенно — нелегко было ее найти. Кое в чем пришлось урезать потребности других отраслей народного хозяйства. Но мы сознательно пошли на это, ибо нет сейчас задачи более насущной, чем подтягивание аграрного сектора нашей экономики до самого современного уровня.

За годы десятой пятилетки намечено ввести в эксплуатацию почти 9 млн. га новых орошаемых и осушенных земель, обводнить более 37 млн. га пастбищ. Сельское хозяйство получит свыше 466 млн. т удобрений и химических кормовых добавок, десятки тысяч машин и механизмов общей стоимостью 42 млрд. рублей.

Еще не так давно эти цифры могли бы показаться фантастикой. А теперь это наши планы, реальность которых гарантируется и прочным экономическим фундаментом, на котором мы уже стоим, и нашим опытом, нашей уверенностью в силах партии и народа.

Из речи товарища Л. И. Брежнева на Пленуме ЦК КПСС
25 октября 1976 года.



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 50 КОП
ИНДЕКС 70336