



ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

6

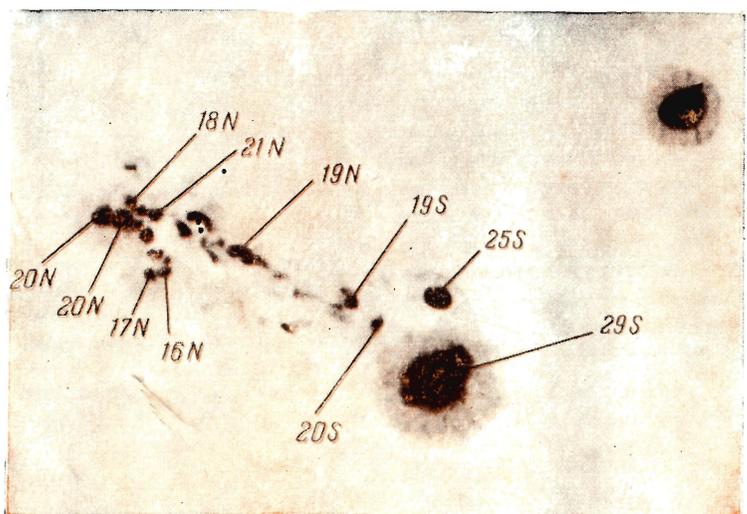
1968

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ

КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



Успешный полет советских космических кораблей «Союз-2» и «Союз-3»

В дни, когда торжественно отмечалось 50-летие Всесоюзного Ленинского Коммунистического Союза Молодежи, мир узнал о запуске беспилотного корабля «Союз-2» и корабля «Союз-3», который пилотировал летчик-космонавт, Герой Советского Союза, заслуженный летчик-испытатель СССР, полковник Георгий Тимофеевич Береговой. Корабль «Союз-2» был выведен 25 октября 1968 г. на орбиту искусственного спутника Земли для проведения совместных экспериментов с кораблем «Союз-3». 28 октября 1968 г. после выполнения намеченной программы «Союз-3» совершил управляемый спуск и приземлился.

Корабль «Союз-3» был выведен на орбиту искусственного спутника Земли 26 октября 1968 г. в 11 часов 34 минуты московского времени [период обращения вокруг Земли 88,6 минут, высота в апогее 225 км, в перигее — 205 км]. Полет корабля «Союз-3» продолжался четверо суток. 30 октября 1968 г. в 10 часов 30 минут «Союз-3» совершил мягкую посадку в районе города Караганды.

Важнейшие результаты полета корабля «Союз-3» — отработка процессов маневрирования и сближения с помощью различных методов ориентации и управления полетом космического корабля на орбите, оценка удобств работы с оборудованием корабля, отработка элементов астрономической навигации. Г. Т. Береговой успешно провел многочисленные эксперименты [наблюдения небесных светил и Земли, фотографирование облачного и снежного покрова, дневного и сумеречного горизонта Земли, обнаружение тайфунов и циклонов, исследование яркости Земли, психо-физиологические наблюдения]. Эти эксперименты имеют важное значение для развития техники пило-



Летчик-космонавт СССР Георгий Тимофеевич Береговой

тируемых полетов и проведения научной деятельности космонавтов на орбитальных станциях научного и народнохозяйственного назначения.

Коммунист Г. Т. Береговой с честью выполнил трудное задание Родины.

В канун 51-й годовщины Великой Октябрьской социалистической революции в историю освоения космического пространства было вписано новое достижение советской науки и техники.

*С наступающим Новым годом,
дорогие читатели!*

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный журнал **В НОМЕРЕ**
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год

Б. Г. Фесенков — Основные успехи метеоритики	4
А. Б. Северный — Магнитное поле Солнца	17
К. А. Виноградов, Д. М. Толмазин — Соленость и жизнь моря	26
А. В. Николаев — Сейсмические волны о недрах Земли	34
От «Луны-1» до «Луны-14» [Краткая справка]	40
В. Н. Шолпо — Происхождение складчатости	44
Д. М. Филиппов — Проблема автоматизации океанографиче- ских наблюдений	53

ЛЮДИ НАУКИ

К. Стрэнд — Эйнар Герцшпрунг	58
--	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

С. М. Зверев, И. А. Резанов — Граница «М»	67
---	----

ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Ф. Дайсон — Поиски внеземной инженерной деятельности	68
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Н. Н. Михельсон — Любителям астрономии о телескопах. III	75
С. К. Всехсвятский — Периодические кометы в 1969 году	78
А. Н. Симоненко — Метеорные потоки в январе-феврале 1969 года	82
В. С. Лазаревский — Графики видимости планет на 1969 год	83

В ОТДЕЛЕНИЯХ ВАГО

А. П. Порошин — Горьковский кружок телескопостроителей	90
П. К. Гороль — Как работают юные астрономы Винницы	91

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. Орлов — Космическая фантастика на марках	92
Тематический указатель статей	94

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Успешный полет советских космических кораблей «Союз-2» и «Союз-3» [вторая стр. обложки]; Проложена космическая трасса Земля — Луна — Земля [2]; Можно ли увидеть искусственные спутники Луны? [15]; Большая группа солнечных пятен, июнь 1968 г. [23]; Вторая новая звезда Олкока [32]; Что такое «свещающиеся частицы»? [42]; Солнце и землетрясения [43]; «Пылающий остров» [61]; Созвездие Персея [89].

На обложке: 1-я стр. — Фотография Солнца с пятнами, полученная 20 июня 1968 г. на фотосферно-хромосферном телескопе ИЗМИРАН. Внизу — увеличенное изображение большой группы пятен (см. заметку на стр. 23). Числа около пятен показывают напряженность магнитного поля (в сотнях гаусс); латинские буквы — полярность.



НОЯБРЬ — ДЕКАБРЬ

6 1968

Издательство «Наука»
Москва

ПРОЛОЖЕНА КОСМИЧЕСКАЯ ТРАССА

ЗЕМЛЯ — ЛУНА — ЗЕМЛЯ

(Облет Луны и мягкая посадка на Землю советской автоматической станции «Зонд-5»)

15 сентября 1968 г. в Советском Союзе был осуществлен запуск автоматической станции «Зонд-5» с целью проведения научных исследований в космическом пространстве и отработки систем, обеспечивающих возвращение на Землю аппаратов, способных облететь Луну, а в дальнейшем и планеты солнечной системы.

В соответствии с программой 17 сентября 1968 г. в 6 часов 11 минут московского времени была проведена коррекция траектории движения, в результате которой станция перешла на траекторию полета для проведения исследования физических характеристик космического пространства в районе Луны. 18 сентября 1968 г. автоматическая станция «Зонд-5» совершила облет Луны. Минимальное расстояние до поверхности Луны составляло 1950 км. Со станцией на протяжении всего полета поддерживалась устойчивая радиосвязь, прием научной информации проводился с бортовых запоминающих устройств.

После семисуточного полета по трассе Земля — Луна — Земля станция «Зонд-5» возвратилась на Землю.

Впервые в мире советский космический аппарат, облетев Луну, успешно возвратился на Землю со второй космической скоростью.

В 18 часов 54 минуты московского времени 21 сентября 1968 г. автоматическая космическая станция вошла в атмосферу Земли со второй космической скоростью около 11 000 м/сек и в 19 часов 08 минут приводнилась в расчетном районе в акватории Индийского океана. Приводнение было совершено в точке с координатами $32^{\circ}38'$ южной широты и $65^{\circ}33'$ восточной долготы. Движение станции в атмосфере на участке аэродинамического торможения проходило по баллистической траектории.

Спуск станции после аэродинамического торможения выполнялся с применением

парашютной системы. Автоматическая станция вместе с научными приборами 22 сентября была поднята на борт советского корабля поисково-спасательной службы.

При полете автоматической станции «Зонд-5» были осуществлены:

- облет Луны;
- научные исследования космического пространства в районе Луны;
- возвращение на Землю со второй космической скоростью и мягкая посадка в заданном районе.

В процессе полета обрабатывались системы и агрегаты станции для маневрирования на траектории и возвращения на Землю. Системы управления полетом станции и радиотехнические средства измерения параметров ее траектории обеспечили решение поставленных задач.

Программа научных исследований космического пространства и комплексных испытаний бортовых систем и агрегатов автоматической станции «Зонд-5» полностью выполнена.

Успешный полет автоматической станции «Зонд-5» по трассе Земля — Луна — Земля, возвращение ее в заданный район являются выдающимся достижением советской науки и техники. Решена новая научно-техническая проблема и открыты широкие перспективы дальнейшего исследования космического пространства и планет солнечной системы автоматическими космическими станциями с возвращением материалов исследований на Землю.

Новое выдающееся достижение советских покорителей Космоса еще раз продемонстрировало высокий уровень отечественной науки и техники и было высоко оценено научной общественностью всего мира. Полет станции «Зонд-5» знаменует новый этап в развитии космических исследований, этап, подготовленный всем процессом планомерного освоения космического пространства.

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ «ЗОНД-5»
ОБЛЕТЕЛА ЛУНУ И ВЕРНУЛАСЬ НА ЗЕМЛЮ
(15—21 СЕНТЯБРЯ 1968 г.)**

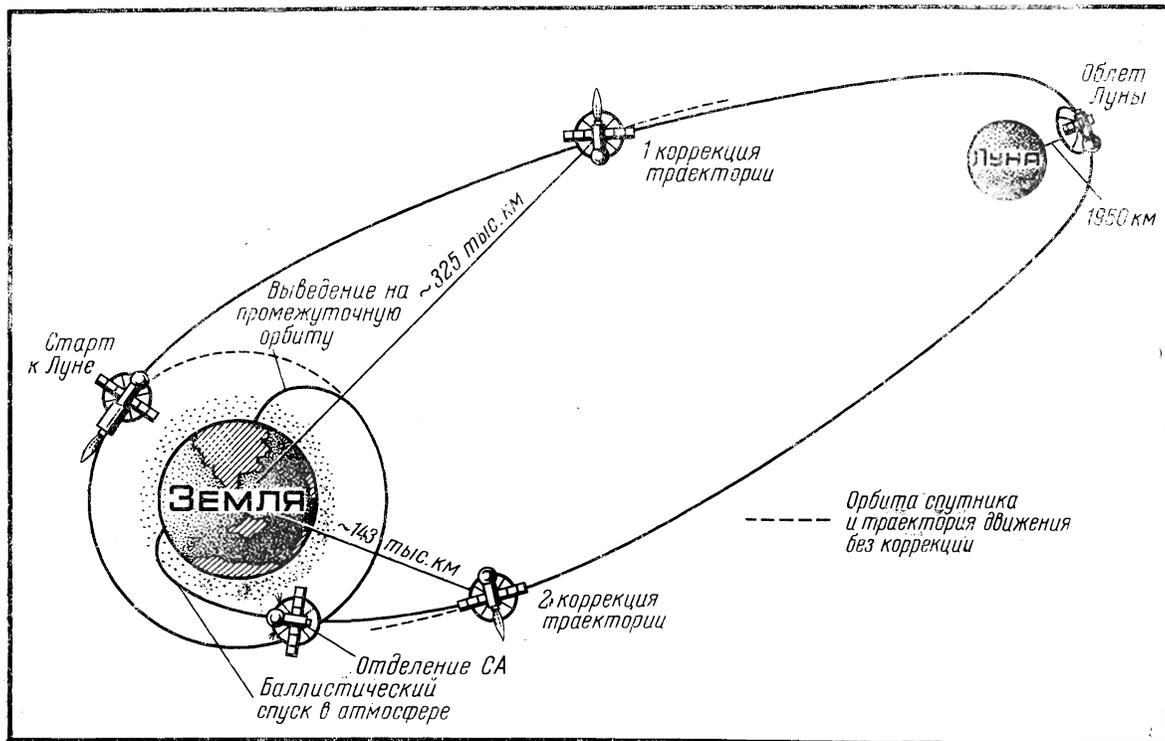
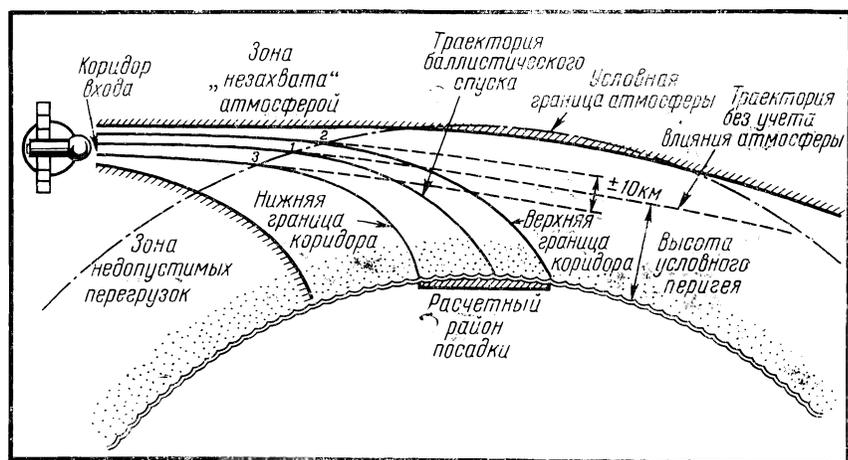


Схема полета автоматической станции «Зонд-5» по трассе Земля — Луна — Земля



Вход станции «Зонд-5» в атмосферу и спуск на Землю.
1. Расчетная точка входа в атмосферу. 2. Точка входа в атмосферу с посадкой на дальней границе района посадки. 3. Точка входа в атмосферу с посадкой на ближней границе района посадки.

Основные успехи метеоритики

В. Г. ФЕСЕНКОВ
академик

В мае 1968 г. в Москве состоялась Всесоюзная XIII метеоритная конференция, посвященная структуре, химическому составу и магнитным свойствам вещества метеоритов, т. е. вопросам, тесно связанным с проблемой образования 4,5 млрд. лет назад метеоритного вещества. Исследование изотопов в метеоритах позволяет судить о происходивших в период формирования солнечной системы процессах галактического и, возможно, солнечного нуклеосинтеза. Особо дискутировалась природа и происхождение одной из разновидностей метеоритов — тектитов, которые, вероятно, образовались из расплавленного материала, выброшенного за пределы земной атмосферы при столкновении Земли с крупными метеоритами.

В нескольких докладах рассказывалось об исследованиях свойств сложных органических соединений, встречающихся в наиболее древних метеоритах — углистых хондритах. Это органическое вещество возникло непосредственно из неорганического еще в протопланетной туманности (возможно даже до образования планет) и в дальнейшем способствовало зарождению и развитию жизни в солнечной системе.

На отдельном заседании рассматривались методы и результаты исследования околоземного пылевого облака, а также непрерывно оседающей космической пыли, которую находят в земных отложениях. Обсуждались результаты последних экспериментальных работ, благодаря которым в лабораторных условиях удалось осуществить явления, сопровождающие образование в метеоритном веществе мелких силикатных и магнетитовых шариков.

Значительное внимание конференция уделила итогам экспедиций, которые обследовали метеоритные кратеры, собирали выпавшие метеориты и т. д. Были заслушаны доклады о Тунгусском падении 1908 г., природа которого до сих пор надежно не установлена, хотя, вероятнее всего, это было столкновение Земли с небольшой кометой.

Ниже мы публикуем с небольшими сокращениями доклад председателя Комитета по метеоритам Академии наук СССР академика В. Г. Фесенкова на Всесоюзной XIII метеоритной конференции.

ПАДЕНИЕ МЕТЕОРИТОВ И ОБРАЗОВАНИЕ МЕТЕОРИТНЫХ КРАТЕРОВ

Как известно, падению метеоритов обычно предшествует появление ярких болидов, видимых на огромном расстоянии. Так, падению в Канаде углистого хондрита 31 марта 1966 г. предшествовал огромный болид, который взорвался на высоте около 30 км.

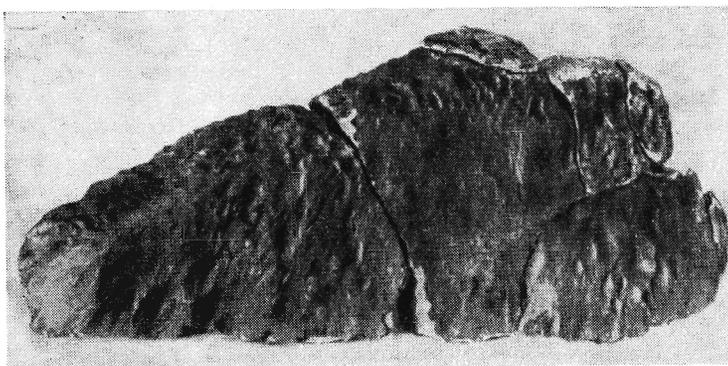
24 декабря 1965 г. в местечке Барвелл (Англия) выпал метеорит*, осколки которого, рассеявшиеся на территории $1,5 \times 0,8$ км, повредили дома: пробиты крыши и окна. Многочисленные очевидцы наблюдали перед падением метеорита четыре или даже пять ярких болидов, которые двигались по параллельным траекториям, наклоненным к горизонту под углом 20° . Распыляясь и дробясь на мелкие осколки, болиды погасли на высоте примерно 10 км. Таким образом, первоначально единое тело этого метеорита должно было распастись на отдельные части уже на чрезвычайно большом расстоянии от Земли. Это случается крайне редко.

В последние годы были открыты метеоритные кратеры, природа которых может считаться определенно установленной. Например, в Кампо дель Сиело (Аргентина) найдено 10 кратеров поперечником в десятки метров. Кратеры тянутся по азимуту в 30° почти на 20 км.

Еще один метеоритный кратер обнаружен по аэрофотоснимкам в Чили. Размеры кратера 440×470 м, глубина 16—18 м. Как показало обследование, он образовался в юрских гранитах, примерно, в плейстоценовую эпоху.

В одном из озер Швеции, расположенном в 240 км к юго-западу от Стокгольма, найден

* См. «Земля и Вселенная», № 1, 1967 г., стр. 60.



МЕТЕОРИТ БАРВЕЛЛИ. При падении метеорит рассыпался на множество осколков, которые удалось собрать и сложить. Общий вес метеорита оказался равным 46,7 кг. Метеорит принадлежит к распространенному типу каменных метеоритов — светлым тонкозернистым хондритам

кратер, который образовался в докембрийских гранитах, по-видимому, при падении метеорита около 600 млн. лет назад.

Близ канадского города Садбери находится огромный рудный бассейн размером 60×27 км*. Возраст его, определенный по рубидиево-стронциевому методу, равняется 1,7 млрд. лет. Высказано предположение, что бассейн Садбери возник в результате удара гигантского метеорита.

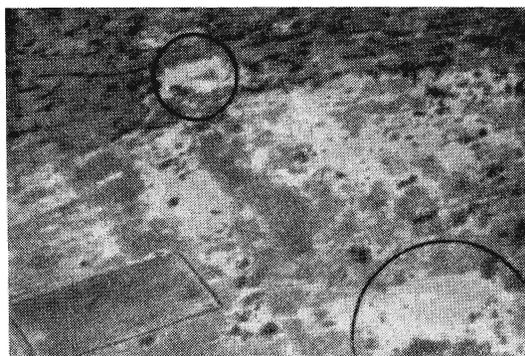
На фотоснимках Сахары, полученных с космического корабля «Джемини-4», обнаружена кольцевая структура, напоминающая ископаемый метеоритный кратер, с серией концентрических валов, диаметр которых равен в среднем 18 км. Благодаря фотографированию земной поверхности с самолетов и искусственных спутников Земли значительно увеличилось количество открытых морфологических структур, которые, возможно, обязаны своим происхождением метеоритам. Уже в 1966 г. была составлена библиография 110 подобных структур. Весьма вероятно, что земная поверхность (аналогично поверхности Луны и, как недавно установлено, Марса) часто испытывала в прошлом удары метеоритов и астероидов, которые не только формировали рельеф земной поверхности, но и влияли на вулканическую активность и даже на климатические условия.

Н. Шорт, рассматривая роль подобных процессов в геологии, указывает на 50 крупных особенностей экзогенного происхождения (например, кратеры и астроблемы), которые отличаются рядом морфологических и петрографических свойств, позволяющих распознавать удары метеоритов. При этом отмечается,

* См. «Земля и Вселенная», № 2, 1968 г., стр. 57.

что скорость деформации пород при ударных нагрузках на много порядков больше, чем при обычных тектонических процессах.

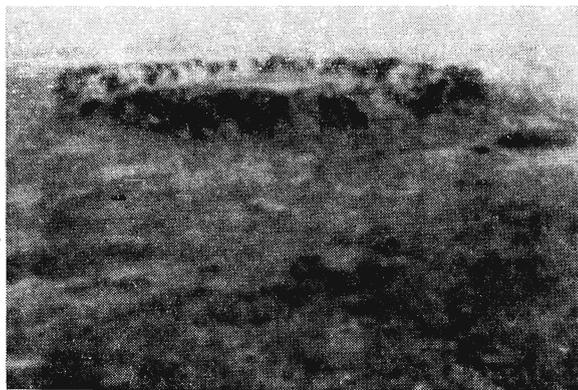
Наиболее удивительное образование ударного происхождения находится в Австралии.



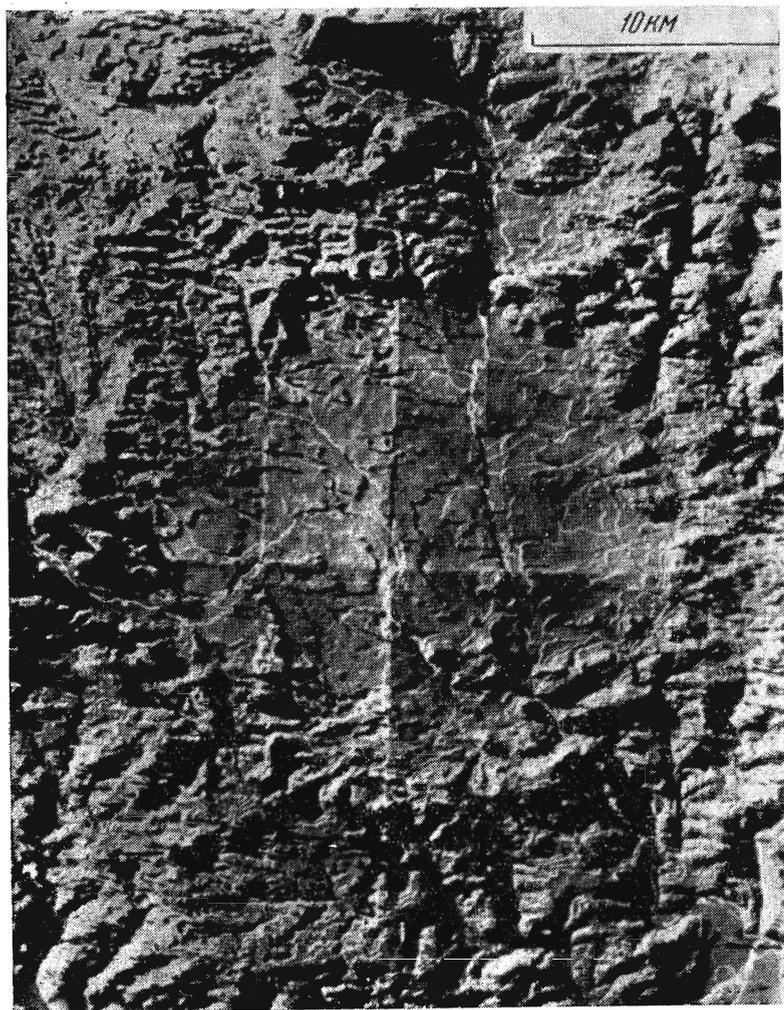
АЭРОФОТОСНИМКИ КРАТЕРОВ В КАМПО ДЕЛЬ СИЕЛО. На верхнем снимке видны два кратера (они окружены). На нижнем снимке — самый большой из 10 кратеров в Кампо дель Сиело, размеры которого 115×91 м

Это — астроблема Госис Блаф, представляющая собой центральное поднятие, окруженное кольцом брекчий поперечником около 14 км. Предполагается, что астроблема возникла в результате удара и взрыва ядра кометы диаметром около 0,5 км, столкновение которой с Землей произошло около 130 млн. лет назад. В этом районе из глубоких скважин выделяются азот, водяной пар, метан, углекислота и другие газы со следами углеводородов. Многочисленные образования аналогичного характера возникали, по всей вероятности, повсеместно, но лишь немногим удалось до настоящего времени противостоять интенсивной эрозии.

Теоретические расчеты влияния метеоритных ударов на проявление земного вулканиз-



АСТРОБЛЕМА Госис Блаф



КРАТЕР РИС (модель). Диаметр кратера около 25 км

ма выполнил Л. Ронк. По мнению Ронка, образование метеоритных кратеров поперечником в несколько десятков километров может привести к нарушению термического режима, плавлению земной коры и, тем самым, активизировать вулканическую деятельность. В условиях полной однородности поверхностных слоев для этого требуется удар метеорита, способный образовать кратер порядка нескольких сотен километров. Теоретические соображения уже получили некоторое подтверждение.

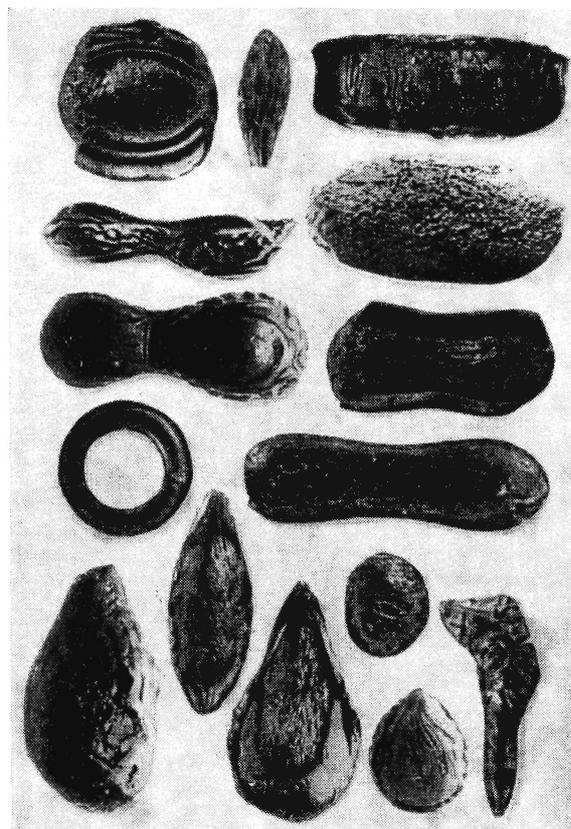
Так, в котловине Рис Кессель (ФРГ) *, диаметром около 20 км, обнаружен коэзит — тяжелая модификация кварца, которую обычно находят в метеоритных кратерах. Внутри и вокруг котловины имеется огромное количество брекчий. Кроме того, найден зювит — разновидность туфа, состоящая из материала, который, как было показано В. Бухером в 1965 г., получается при частичном расплаве основных пород. Это указывает на вулканические процессы глубинного характера. Согласно В. Бухеру, удар метеорита, образовавший кратер Рис, возбудил вулканическую деятельность, в результате которой и появился зювит

О связи вулканизма с метеоритным ударом свидетельствуют также кратеры Клар Уотер Лейк (Канада) диаметрами около 30 км. Образование этих кратеров покрыто лавой, которая поднялась в виде кольцевой плотины, концентричной с валами. Интересно, что эти метеоритные кратеры-близнецы, расположенные в непосредственной близости один от другого, образовались одновременно при ударе огромной метеоритной массы, которая должна была расколоться на две части, очевидно, еще до влёта в земную атмосферу или, по крайней мере, на чрезвычайно большой высоте.

ТЕКТИТЫ

Происхождение тектитов — стеклянных метеоритов — еще не выяснено с полной достоверностью. Однако более вероятно, что тектиты образовались из расплавленного материала, выброшенного за пределы земной атмосферы при ударах огромных метеоритов.

Известны четыре россыпи тектитов: австралиты и индошиниты, тектиты Берега Слоновой Кости, молдавиты, североамериканские

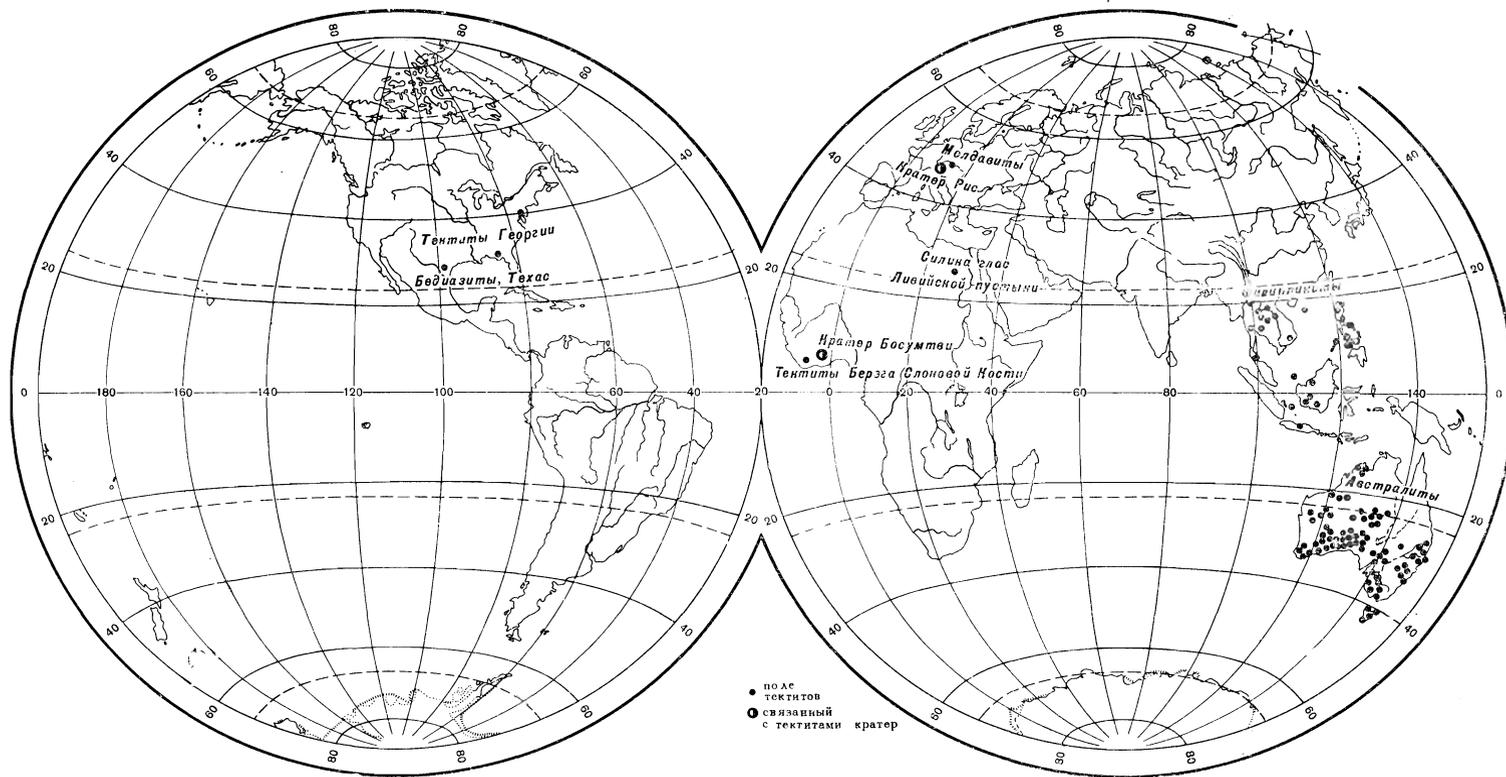


ТЕКТИТЫ-АВСТРАЛИТЫ. На поверхности тектитов отчетливо видны следы их движения в атмосфере

тектиты. Согласно новейшим измерениям, выполненным И. Церингером, возрасты этих групп соответственно равны: 0,7; 1,3; 14,6 и 34,2 млн. лет. По своему химическому составу тектиты резко отличаются от обычных метеоритов, но приближаются к земным породам. Для тектитов характерно преобладание кварца и небольшое по сравнению с каменными метеоритами содержание окислов железа. На поверхности тектитов ясно видны следы их движения в атмосфере.

Наличие в тектитах короткоживущего изотопа алюминия-26 указывает, что они должны были хотя бы короткое время облучаться космическими лучами в межпланетном пространстве. В случае земного происхождения тектиты должны выбрасываться на большую высоту, фактически за пределы атмосферы. Главным свидетельством их земного происхождения является, как будто, несомненная связь с земными формациями.

* См. «Земля и Вселенная», № 3, 1968 г., стр. 11.



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЙ ТЕКТИТОВ на земном шаре

Из четырех россыпей тектитов две явно связаны с метеоритными кратерами, расположенными от них на расстоянии в несколько сотен километров. Это молдавиты, находящиеся в 300 км от кратера Рис, и тектиты Берега Слоновой Кости, удаленные примерно на такое же расстояние от кратера Босумтви в Гане.

Характерно, что возраст стекла из этих кратеров, определенный по калиево-аргоновому методу, совершенно такой же, как и возраст тектитов. Например, возраст кратера Рис — 14,9 млн. лет (с точностью до 1 млн.), а молдавитов — 14,6 млн. лет. Возраст кратера Босумтви оказался всего лишь 1,3 млн. лет (с погрешностью 0,3 млн.), таков же возраст и тектитов Берега Слоновой Кости.

Сравнение изотопного состава свинца в тектитах Берега Слоновой Кости и в веществе из соседнего с ними кратера Босумтви показывает, что у них одинаковое отношение изотопов свинца-206 и свинца-207 — конечных продуктов радиогенного распада урана-238 и урана-235. Это также указывает на определенную связь тектитов этой россыпи с кратером Босумтви.

Для наиболее обширной группы тектитов — австралитов и индошинитов — родоначальный метеоритный кратер еще не известен. Возможно он, как предполагают некоторые исследователи, погребен под мощным слоем льда Антарктиды.

Однако интересно, что возраст австралитов довольно хорошо совпадает со временем последнего обращения знака магнитного поля Земли, происшедшего 0,7 млн. лет назад. По мнению некоторых американских ученых, подобное обращение могло быть следствием удара о Землю крупного тела, вызвавшего нарушение магнитогидродинамического течения в ядре Земли и обращение магнитного поля. (Заметим, что обращения знака земного магнитного поля сравнительно редки, но все же в истории Земли происходили неоднократно.) Продуктом таких ударов могут быть тектиты.

Каков же механизм образования тектитов? Очевидно, что при ударе огромной массы произойдет колоссальный взрыв, освободившаяся энергия должна в сотни тысяч раз превосходить энергию взрыва водородной бомбы. В результате взрыва образуется кратер, каменистое же вещество кратера и вещество метеорита в виде расплавленной струи, разбивающейся на отдельные капли, выбрасывается со сверхзвуковой скоростью на ог-

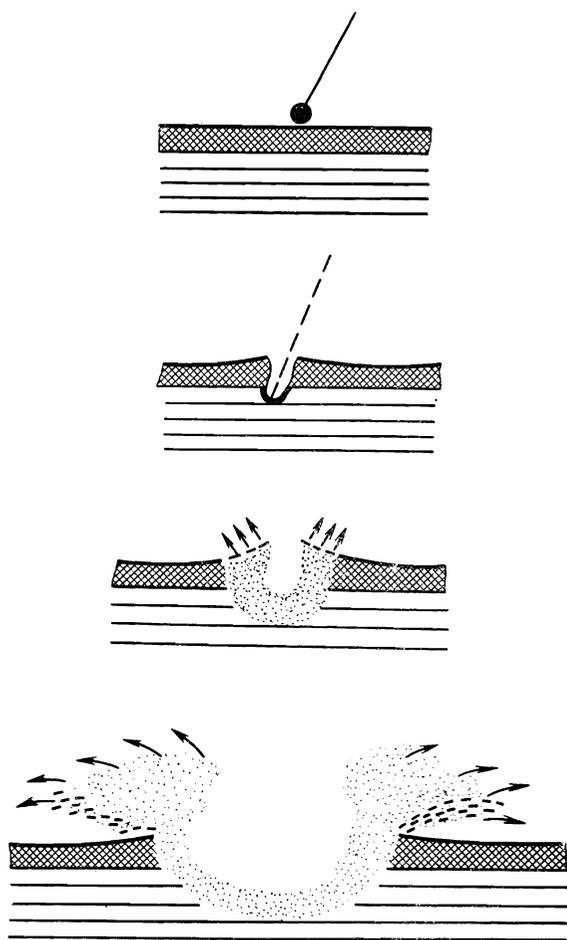


СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ КРАТЕРА при падении космического тела. При ударе произойдет взрыв, в результате которого образуется кратер. Каменистое вещество кратера и вещество метеорита выбрасываются в виде расплавленной струи на огромную высоту

ромную высоту. Описав протяженные траектории за пределами земной атмосферы, это вещество быстро затвердевает и как рой частиц небольших тектитов падает обратно на Землю.

Подобные процессы, без сомнения, оказывают большое влияние на климат и, следовательно, на развитие земной жизни. Действительно, хорошо известно, что самые обычные извержения вулканов сопровождаются выбросом в верхние слои земной атмосферы большого количества распыленного вещества, которое заметно понижает интенсивность сол-

нечной радиации, достигающей земной поверхности. Некоторые исследователи связывают даже возвращение ледниковых периодов с повышением вулканической активности. Столкновения с Землей крупных метеоритов и астероидов также должны иметь разнообразные последствия климатического характера. Подобные космические воздействия на нашу планету до сих пор не привлекали к себе достаточного внимания, но теперь начинают детально изучаться.

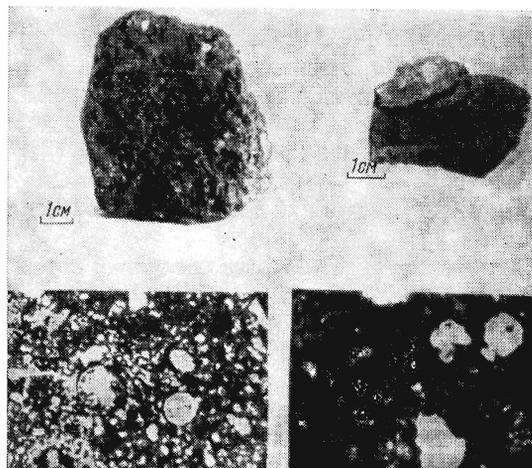
Итак, представляется все более вероятным, что происхождение тектитов непосредственно связано с огромными взрывами, производимыми падением на Землю огромных метеоритных масс. Остаются, однако, данные, которые пока не могут быть еще с этим согласованы. Например, исследования, выполненные И. Е. Стариком и Э. В. Собоновичем, свидетельствуют, что отношение галлия к урану, равное в тектитах 6,7—13, не вполне типично для поверхностных земных пород. Кроме того, согласно работам Г. Тайлора и С. Эпштейна, для тектитов характерно относительно большее, чем для земных пород, отношение изотопов кислорода-18 к кислороду-16. (Как показывают эксперименты, при плавлении пород выделяется вода, обогащенная кислородом-16, а оставшаяся масса оказывается обогащенной кислородом-18.) Во всяком случае, представление о земном происхождении тектитов естественным образом объясняет то, что тектитные рои достаточно плотно покрывают лишь очень ограниченные участки земной поверхности.

Недавно в глубоких отложениях на дне океана близ острова Ява обнаружены мелкие стекловидные шарики размером в десятые доли миллиметра, своего рода, микротектиты. Интересно, что возраст их оказался таким же, как у австралитов, с которыми они, вероятно, имеют общее происхождение. И то, что микротектиты найдены там же, где встречаются обычные тектиты, также говорит о земном происхождении тектитов.

НАИБОЛЕЕ ДРЕВНЕЕ ВЕЩЕСТВО СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ — УГЛИСТЫЕ ХОНДРИТЫ*

Имеются три группы углистых хондритов, которые различаются содержанием углерода,

* Свойства этого типа метеоритов и, в частности, свойства содержащегося в них углистого вещества подробно изложены в книге Г. П. Вдовыкина «Углистое вещество метеоритов», М., 1967 г.



УГЛИСТЫЕ ХОНДРИТЫ. Слева — метеорит Старое Борискино, выпавший в 1930 г. Справа — метеорит Мигей, падение которого произошло в 1889 г. Внизу показана внутренняя структура этих метеоритов

величиной отношения окислов железа к сульфидному железу, общим содержанием связанной воды и величиной хондр — мелких кристаллических шариков.

Органические соединения представлены в углистых хондритах битумообразным веществом и высокомолекулярными соединениями. От органических соединений биогенной природы они отличаются тем, что не способны повернуть плоскость поляризации излучения даже на $0^{\circ},01$ (большинство биогенных соединений поворачивают плоскость поляризации на 2 и даже на 4°). Происхождение органических соединений в метеоритах еще до недавнего времени оживленно дискуссировалось, но теперь можно, по-видимому, считать общепризнанным, что они действительно имеют абиогенную природу. Как же могли образоваться в метеоритах, наряду с кристаллическими хондритами (т. е. относительно высокотемпературной фракцией), различные сложные органические соединения и даже довольно сложные азотистые соединения, входящие, как оказалось, в состав ДНК?

Известно, что первичные углеводородные соединения образуются еще в межзвездном пространстве и в избытке содержатся в кометных ядрах. Довольно сложные органические соединения, вообще говоря, могут быть получены различными путями. Еще в начале 50-х годов С. Л. Миллер, затем Т. Е. Павловская, А. Г. Пасынский, А. Т. Вилсон и другие

получили сложные органические соединения, пропуская электрические разряды через газовую смесь из паров воды, метана, аммиака и некоторых простейших соединений. В 1963 г. Хукер синтезировал органические соединения с молекулярным весом до 200, стреляя через водную среду, в которой были растворены метан, аммиак и другие газы.

Задача состоит, однако, в том, чтобы получить такие органические соединения, как ароматики, асфальты и азотистые соединения — составные части белков — в пропорции, характерной для углистых хондритов. Только тогда можно будет правильно представить те первичные условия среды, в которых происходили подобные процессы.

В последнее время многие исследователи, синтезируя углеводородные и азотистые соединения, пришли к выводу, что сложные органические соединения, свойственные углистым хондритам, получаются в результате равновесных реакций во фракционированной газовой фазе. Оказывается, что при уменьшенном содержании водорода по отношению к углероду, сравнительно кратковременных высоких температурах (порядка 800—1000° С) и невысоком давлении (примерно, в несколько атмосфер), но обязательно с примесью метеоритной пыли в качестве катализатора, быстро достигается равновесие и образуются более или менее сложные органические соединения, богатые ароматиками. Подобные реакции могут воспроизводить даже тонкие детали распределения органических соединений в метеоритах. Отсюда следует, что при образовании солнечной системы отдельные области протопланетной туманности кратковременно нагревались до температуры порядка тысячи градусов. Газовая смесь несколько уплотнялась, а затем охлаждалась в течение секунд или часов. Таковы пределы времени охлаждения. Подобные процессы, по-видимому, больше всего соответствуют столкновениям входящих в состав первичной туманности отдельных неоднородностей кометного типа, которые уже богаты первичными углеводородами, различными газами, а также и более тяжелыми элементами. В таких условиях окись углерода и другие газы очень быстро (за несколько секунд!) переходят в органические вещества. Кроме того, с помощью тех же равновесных реакций, но в присутствии аммиака, можно получить различные азотистые соединения — пурины аденина и гуанина, которые являются главной составной

частью ДНК. И так, осуществляя отдельные резкие нагревы с постепенным охлаждением до комнатной температуры в присутствии катализаторов — метеоритной пыли и аммиака, удалось получить все основные (около сотни) органические соединения, входящие в метеориты.

Эти интересные результаты наглядно показывают, что вещество углистых хондритов образовалось, по всей вероятности, в самой протопланетной туманности, а не в сформировавшихся планетах. Таким образом, в протопланетной туманности еще до образования планет возникали сложные органические соединения и подготавливались условия для зарождения жизни на будущих планетах. Несомненно, что именно таким путем наша Земля получила сложные органические соединения, включающие основы нуклеиновых кислот, уже на самой первой стадии своего развития.

ПРОЦЕССЫ НУКЛЕОСИНТЕЗА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ МЕТЕОРИТОВ

Для решения проблемы происхождения метеоритного вещества важно изучить содержание инертных газов, которыми в большей степени обогащена темная разновидность вещества метеоритов.

Инертный газ ксенон в метеоритах представлен, как известно, девятью изотопами с атомным весом от 124 до 138, причем в количественном отношении особенно резко выделяется ксенон-129 — продукт β -распада короткоживущего изотопа иода-129. В веществе метеоритов аномальное обилие ксенона-129 всегда сопровождается наличием иода-127, который мог быть включен в метеоритное вещество совместно с родственным ему иодом-129. Последний вследствие малого периода полураспада, равного всего лишь 17,2 млн. лет, уже давно успел превратиться в газообразный ксенон-129. Таким образом, оценивая первоначальное содержание иода-129 по сравнению с иодом-127 (при условии, что обилие ксенона-129 соответствует содержанию иода-129 в момент отвердения метеоритного вещества) и зная кривую распада этого короткоживущего изотопа иода, можно определить промежуток времени между явлением соответствующего нуклеосинтеза и образованием твердого вещества метеорита. В некоторых метеоритах указанный интервал времени для хондр оказывается заметно боль-

шим, чем для остального вещества. Например, для хондр метеорита Брудерхейм этот интервал равен 60 млн. лет, а для промежуточного вещества этого метеорита всего лишь 35 млн. лет. По-видимому, хондры являются первичным веществом, лишь в дальнейшем вошедшим в состав метеоритов. Во всяком случае, не подлежит сомнению, что незадолго до полного формирования и отвердения вещества метеоритов какой-то процесс нуклеосинтеза привел к образованию в метеоритах не только иода-129, но и плутония-244 с периодом полураспада в 76 млн. лет.

Естественно, подобный процесс можно считать продолжением галактического нуклеосинтеза, в результате которого образовались тяжелые элементы и короткоживущие изотопы, т. е. вспышкой сверхновой звезды. Однако некоторые исследователи, например, У. Фаулер, высказали предположение, что при начальном образовании Солнца легкие элементы, включая даже иод-129, могли синтезироваться под влиянием высокоэнергичного облучения протонами и нейтронами. Возможно, как они считают, атомы теллура-128, захватив вторичные нейтроны, перейдут в иод-129. Однако с этим не согласуется тот факт, что ксенон-129 не обнаружен в минеральных фракциях, богатых теллуrom-128, а напротив, связан преимущественно с иодом-127. Кроме того, такой тяжелый элемент, как плутоний-244, мог образоваться только при исключительно высоких температурах и давлениях, которые создаются только во время вспышек сверхновых звезд. Интересно, что для этого элемента, переходящего в ксенон-136, интервал времени между нуклеосинтезом и образованием твердого вещества метеоритов примерно того же порядка, как и для ксенона-129 — около 90 млн. лет. Детальные расчеты эволюции звезд с массой, сравнимой с солнечной, по-видимому, исключают предположение о возможности столь частых вспышек сверхновых.

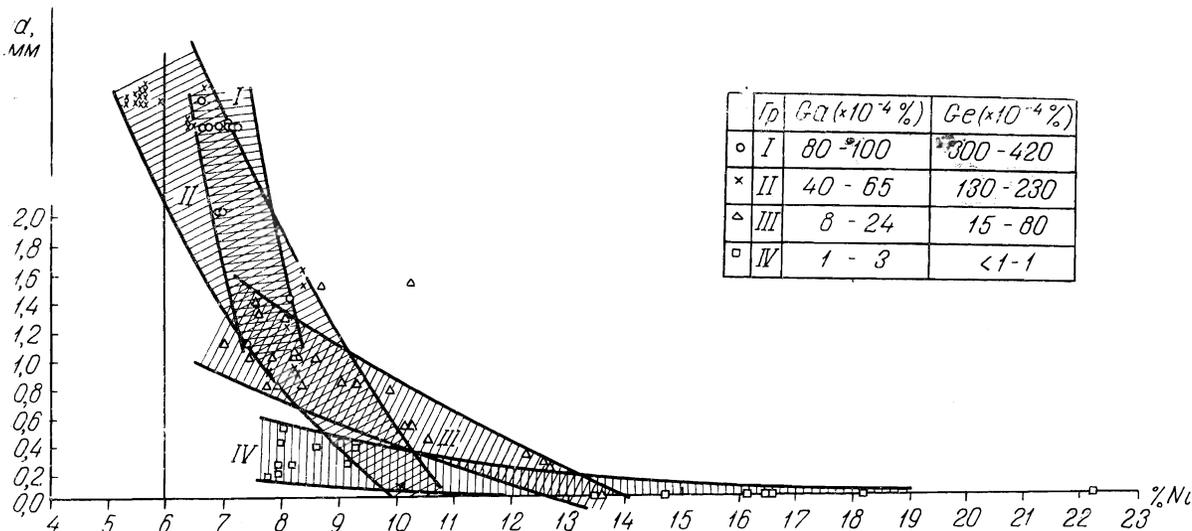
Изучение структуры железо-никелевых метеоритов, несомненно, указывает на большую роль короткоживущих изотопов в самой ранней истории солнечной системы. Это также свидетельствует о том, что непосредственно перед возникновением планетного вещества произошла вспышка сверхновой — катастрофический процесс, сопровождаемый выбросом в окружающее космическое пространство вещества сверхновой и, в том числе, вновь возникших тяжелых элементов.

И. Рейнольдс, исследовав вещество метеоритов Мэррей и Ренаццо и обнаружив в них довольно большое отношение плутония-244 к урану-238 (больше 0,26 и 0,19), пришел к выводу, что вспышка сверхновой произошла также непосредственно перед образованием солнечной системы. Аналогичный вывод делает и Э. В. Собонович на основании изучения изотопов свинца. Он предполагает, что почти вся масса вещества, из которого в дальнейшем образовались астероиды и планеты, возникла задолго до формирования солнечной системы в виде пыли и отдельных фрагментов. Последняя вспышка сверхновой вблизи солнечной системы, по оценке Э. В. Собоновича, произошла около 4,7 млрд. лет назад, причем мгновенное высокотемпературное нагревание могло образовать хондры, после чего последовало слипание материала разного происхождения, приведшее к формированию более крупных тел. Обычно принимается, что метеориты — это продукты распада астероидов с размерами, не превосходящими немногие сотни километров. Однако Э. К. Эпик еще в 1965 г. выдвинул ряд соображений в пользу того, что главным источником метеоритов могут быть кометные ядра. И хотя недавние исследования, выполненные Г. Ведериллом, также указывают на малую вероятность происхождения метеоритов из астероидного кольца, этот вопрос еще далеко нельзя считать решенным.

Имеются различные данные о прошлом метеоритов. А. А. Явнель установил, что железные метеориты в зависимости от соотношения в них германия и галлия разделяются на четыре группы. Он также обнаружил, что содержание никеля в железных метеоритах имеет дискретный характер. Недавно А. А. Явнель построил диаграмму — ширина камаситовых * балок, с одной стороны, и содержание никеля, с другой, — и показал, что метеориты различных галлиево-германиевых групп должны иметь и различные скорости охлаждения. А. А. Явнель предложил определять скорость охлаждения железо-никелевого вещества метеоритов по градиенту содержания никеля в тенитовых полосах.

С помощью рентгено-спектроскопического метода удалось выяснить, что разные галлие-

* Никелистое железо встречается в метеоритах в двух металлографических фазах, различающихся содержанием никеля. Первая называется камаситом (содержание никеля 5—6%), вторая — тенитом (содержание никеля 13—48%).



ЗАВИСИМОСТЬ ШИРИНЫ КАМАСИТОВЫХ БАЛОК ОТ СОДЕРЖАНИЯ НИКЕЛЯ в различных галлиево-германиевых группах железных метеоритов (по А. А. Явнелю)

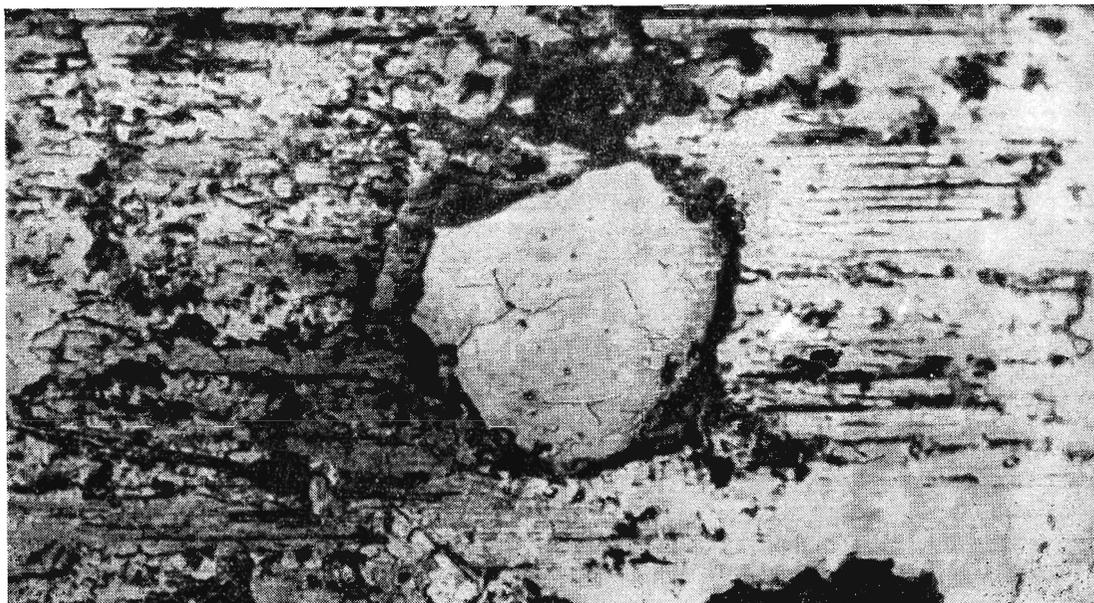
во-германиевые группы с одинаковым содержанием никеля имеют заметные различия в скорости охлаждения. Следовательно, метеориты должны были возникнуть в результате распада, по крайней мере, нескольких родоначальных тел. Аналогичный метод определения скорости охлаждения, основанный на измерении ширины камаситовых полос и содержания никеля, был разработан Н. Шортом и Дж. Голдштейном. Оказалось, что примерно $\frac{2}{3}$ метеоритов охлаждались всего лишь на $1-10^\circ$ за 1 млн. лет, хотя предельные скорости охлаждения могут быть от $0,4$ до 500°C за 1 млн. лет. Лучше всего наблюдаемые полосы камасита образуются из жидкого расплава при скорости охлаждения около $2^\circ,5$ в 1 млн. лет, т. е. радиус родоначальных тел метеоритов должен быть порядка $150-250$ км. Сравнительно низкое давление в недрах этих тел подтверждается также найденным в железных метеоритах кристоболитом. Это — высокотемпературная модификация кварца, которая образуется при давлениях ниже 500 атм.

Итак, изучение железных метеоритов показало, что они медленно кристаллизовались из первоначального расплава сравнительно небольших родоначальных тел, полностью отвердевших уже $4,5$ млрд. лет назад. Совершенно

но очевидно, что первоначальный разогрев не связан с долгоживущими радиоактивными изотопами, которые до сих пор разные исследователи считают главным источником разогрева планет.

Укажем, например, что расчеты термической истории планет и астероидов, произведенные недавно С. В. Маевой на основе содержания урана, тория и калия, собственного метеоритам, показали, что при радиусе в 200 км максимальная температура в центре рассматриваемого тела не может превысить 30°C . Для полного или частичного расплавления в центре за продолжительный промежуток времени нужно, чтобы радиус планеты превосходил 750 км. Железные метеориты образовались из расплава в самом начале истории солнечной системы и притом в довольно небольших телах. Таким образом, С. В. Маевой также удалось получить подтверждение большой роли короткоживущих изотопов, возникших в процессе нуклеосинтеза.

Отметим еще следующее обстоятельство. В железных метеоритах, как известно, обнаруживаются иногда мелкие зерна алмазов, которые могли образоваться лишь при очень высоких давлениях. Встречается также уплотненная разновидность железо-никелевого карбида — когенит. Он найден, например, в ве-



АЛМАЗНОЕ ЗЕРНО в осколке Аризонского метеорита. (Увеличено в 375 раз)

ществе осколков огромного Аризонского метеорита, образовавшего в результате сильного удара о земную поверхность кратер диаметром свыше одного километра. Однако в сравнительно мелких метеоритах — уреилитах — зерна алмаза, очевидно, не могли появиться при ударе о Землю, а только в космическом пространстве при раздроблении родоначального тела.

Как показывает изучение сравнительно небольших железных метеоритов, произведенное микроскопически и по дифракции рентгеновских лучей, примерно половина метеоритов испытала удары в космосе с давлениями свыше 130 *кбар*. Обследовано 65 октаэдритов, из которых для 46 были известны космические возрасты, определенные по отношению изотопов калия-40 к калию-41. Оказалось, что 21 из них испытали давления 130—750 *кбар*, 19 — менее 130 *кбар*, остальные были термически рекристаллизованы. Было обнаружено удивительное совпадение ударных особенностей метеоритов с распределением их по галлиево-германиевым группам. Подавляющее большинство метеоритов, испытавших сильный удар, принадлежит именно к третьей галлиево-германиевой группе, причем их космический возраст также оказался очень

сходным — равным 650 млн. лет (погрешность ± 60 млн.).

С другой стороны, Д. Хейман в 1967 г. показал, что темные гиперстеновые хондриты испытали резкое обезгаживание примерно в одно и то же время, именно 520 млн. лет назад, по всей вероятности, также вследствие сильного столкновения с другим телом и связанного с этим нагрева. Поэтому можно предположить, не выходя за пределы допустимой погрешности, что примерно 650 млн. лет назад произошло катастрофическое столкновение родоначального тела октаэдритов третьей галлиево-германиевой группы с родоначальным телом гиперстеновых хондритов. Первое тело распалось на осколки размером порядка метра, второе — на осколки размером в сотни метров и километры, которые сильно разогрелись, и вследствие этого, потеряли свои газы. Вторичные столкновения, происходившие в последние сотни миллионов лет, могли разрушить эти крупные осколки. Ряд интересных совпадений, отмечаемых исследователями, делает весьма вероятным то, что примерно половина всех найденных метеоритов возникла в едином столкновении и, следовательно, образовала целый метеоритный рой, составляющие которого продолжают и теперь постепен-

но выпадать на земную поверхность. Остальные метеориты получались из родоначальных тел, связанных с астероидами или кометами.

Естественно, сталкивались как железные, так и каменные метеориты. Удары преобразовывали содержащийся в хондритах оливин в тонкозернистое поликристаллическое состояние с некоторой степенью ориентировки мелких кристаллов. Из-за малой прочности хондриты значительно легче дробились на мелкие осколки, обнажая свои внутренние части, которые до столкновения были защищены от воздействия космических лучей. Именно этим и объясняется та интересная особенность, что космический возраст метеоритов (т. е. продолжительность их самостоятельного движения в межпланетном пространстве после отделения от родоначального астероида), определяемый по относительному содержанию изотопа гелия-3, зависит от степени их хрупкости. Для железных (более прочных) метеоритов этот космический воз-

раст равен сотням миллионов лет, а для каменных — всего лишь 50—60 млн. лет.

* *
*

Изучение вещества метеоритов доставляет богатый фактический материал для суждения об условиях, существовавших в самый ранний период истории солнечной системы, когда только начинало формироваться планетное вещество. Только изучение метеоритного вещества позволило определить возраст планет, без чего невозможны расчеты их термической истории. Найденные закономерности в метеоритном веществе свидетельствуют, что Солнце и планеты образовались в едином процессе, которому непосредственно предшествовала вспышка сверхновой звезды. Можно полагать, что дальнейшее накопление фактического материала и его интерпретация в сочетании с астрономическими данными помогут, наконец, решить проблему планетной космогонии.



МОЖНО ЛИ УВИДЕТЬ ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЛУНЫ?

Когда в 1957 г. первый искусственный спутник Земли вышел на орбиту, за его движением могли следить не только астрономические обсерватории и специально оборудованные станции, но и все желающие с помощью несложных оптических средств или просто невооруженным глазом. На фоне ночного звездного неба полуметровый шар спутника выглядел отчетливой светящейся точкой (исключая периоды захода в тень Земли). Расстояние его от поверхности Земли колебалось от ~200 км в перигее до ~950 км в апогее. В дальнейшем было запущено много других спутников Земли для решения различных конкретных задач. Среди них были и такие, блеск которых достигал иногда нулевой звездной величины. Эти объекты на небе выглядели ярче многих звезд.

Гораздо сложнее оказалось увидеть искусственный спутник Луны. Когда в 1966 г. первая лунная орбитальная лаборатория де-

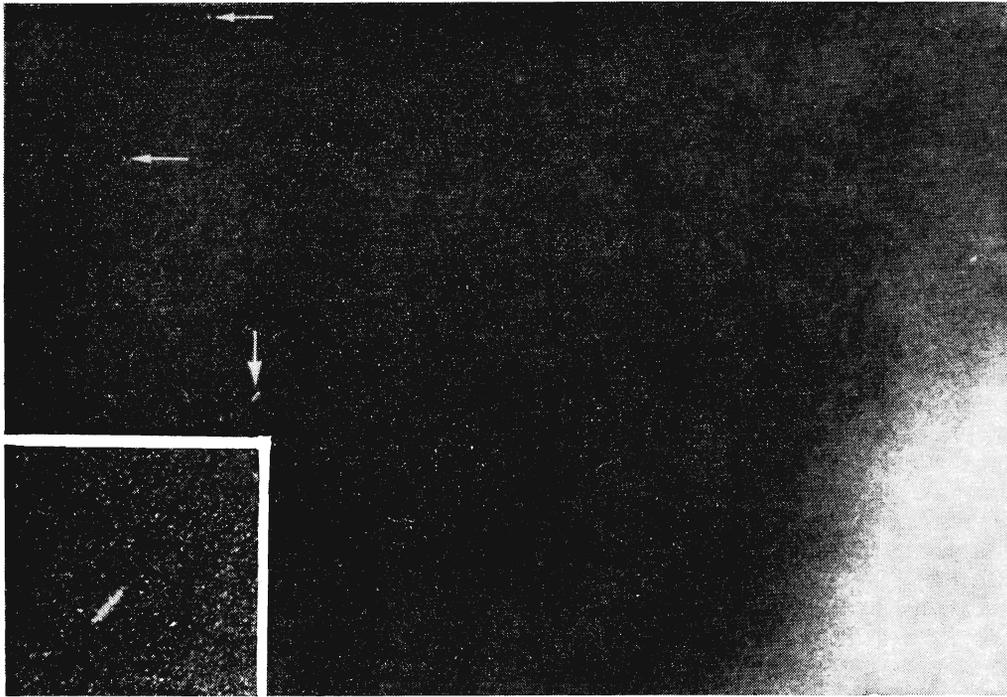
лала первые витки, она тоже находилась под постоянным наблюдением. Но «видеть», точнее, «слышать» ее могли только чувствительные радиостанции дальней космической связи. Кроме советских ученых, сигналы ИСЛ «Луна-10» принимали астрономы из обсерватории Института космических исследований в Бохуме (ФРГ) и других организаций. Анализ траекторных измерений, проведенных радиотехническими средствами, впервые позволил оценить отличие гравитационного поля Луны от сферически симметричного.

За первым спутником Луны последовали еще восемь, запущенных в СССР и США. Однако задача изучения гравитационного поля Луны и связанные с ней проблемы далеко еще не решены. При запуске советского ИСЛ «Луна-14» подобные исследования вновь были включены в научную программу.

Для получения ответов на мно-

гие насущные вопросы селенодезии, в частности для определения положения центра масс Луны относительно лимба видимого диска, желательно было бы иметь фотографические изображения следа движения ИСЛ. Насколько сложна эта задача, можно проследить на примере эксперимента по фотографированию ИСЛ «Лунар Орбитер-5», проведенного недавно американскими учеными («Sky and Telescope», 35, 4, 1968, 220—221).

Лунные спутники имеют сравнительно небольшие размеры (1—2 м в поперечнике). На расстоянии около 400 тыс. км от Земли блеск их находится за пределами возможной досягаемости большинства наземных телескопов. Кроме того, лунные спутники наблюдаются вблизи яркой Луны, блеск которой в полнолуние выражается звездной величиной — 12^m,7. Поэтому необходимо было увеличить световой поток, отражаемый поверхностью спутника в сторону наблюдателя. С этой целью на торцевой части спутника «Лунар Орбитер-5» укрепили более 500 небольших квадратных зеркал (площадь в один квадратный дюйм каждое). В январе 1968 г. по команде с Земли спутник ориентировали так, чтобы пучок отраженных зеркалами



НАЗЕМНАЯ ФОТОГРАФИЯ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЛУНЫ «ЛУНАР ОРБИТЕР-5». Горизонтальными стрелками отмечены изображения звезд; вертикальной стрелкой — след спутника. Этот участок фотографии показан отдельно в увеличенном виде. Справа — освещенный край Луны

лучей был направлен в сторону Земли. Световой конус, отраженный «зеркальным» торцом (действие которого было увеличено еще за счет поверхности солнечных батарей питания аппарата), имел угол раскрытия около 4° . (Земля видна с Луны под углом около 2° .)

Астрономы также провели большую подготовку к эксперименту. Коллектив наблюдателей Лунно-планетной лаборатории при Аризонском университете возглавил Дж. Койпер.

Главное зеркало 61-дюймового (152 см) рефлектора было тщательно промыто, чтобы мельчайшие частицы пыли, способные рассеивать свет, не создали помех при наблюдении очень слабого объекта. Вторичное зеркало телескопа было заново оталюминировано. Чтобы уменьшить рассеянный свет от лунного диска, была применена специальная маска. Спутник в момент наблюдений должен был находиться на рас-

стоянии всего лишь в $9'$ от освещенного края Луны. При фотографировании применялся желтый светофильтр. Специально были подобраны и фотографические пластинки с высокочувствительной свежей фотозмульсией. Все это позволило повысить «чувствительность» телескопа для обнаружения слабых объектов с $+11^m$ до $+14^m$.

Очень ясная ночь и спокойная атмосфера в момент наблюдений способствовали успеху эксперимента, который длился менее часа.

Дж. Койпер и его сотрудники получили около 80 снимков. Из-за ошибок в эфемериде спутника объект не всегда оказывался в поле зрения телескопа. Тем не менее, около 50 кадров, полученных с экспозициями в 5—10 секунд, наблюдатели считают удачными. В результате небольших разворотов ИСЛ относительно нужного положения даже за время одной экспозиции блеск объек-

та менялся от $+12^m$ до $+14^m$ или $+15^m$. Временами спутник становился совсем невидимым.

Хотя период обращения спутника составлял в то время около 3 часов 45 минут, предполагают, что измерения координат «Лунар Орбитер-5» на полученных пластинках в комбинации с траекторными измерениями, проведенными радиотехническими средствами, окажутся полезными при определении положения центра масс Луны. Повторное фотографирование оказалось невозможным, так как несколько дней спустя «Лунар Орбитер-5» прекратил свое существование.

Успешное проведение эксперимента, по мнению специалистов, вселяет надежду, что космические аппараты, снабженные надежными отражательными устройствами, смогут обеспечить оптическое слежение за их полетом не только вокруг Луны, но даже и вокруг Венеры и Марса.

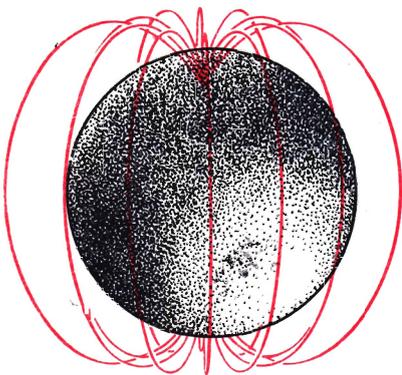
В. В. ШЕВЧЕНКО

Магнитное поле Солнца

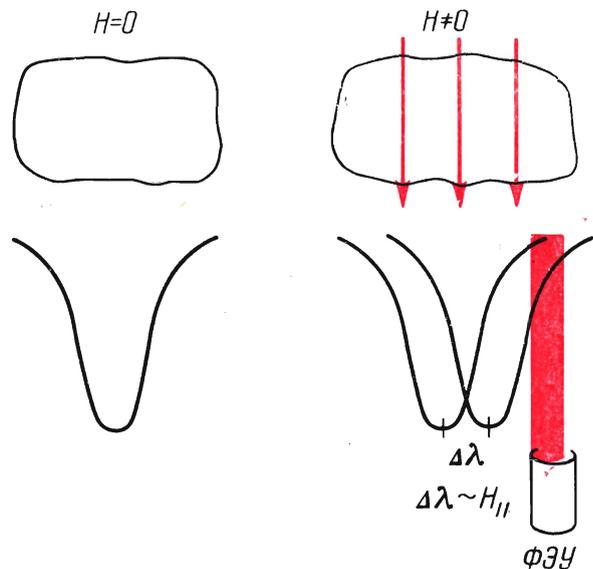
А. Б. СЕВЕРНЫЙ
член-корреспондент АН СССР

Магнитное поле Солнца имеет очень тонкую, « мозаичную » структуру: оно состоит из множества элементов различной полярности, напряженности и размера. Но самое удивительное, что « среднее » магнитное поле Солнца, отличаясь резко от поля простого диполя, ведет себя (иногда длительное время), как магнитное поле однополюсника. Установлено также, что поле меняется со временем (иногда довольно быстро). Это сближает Солнце с магнитно-переменными звездами.

Солнце, как и ядро Земли, — хороший проводник. По аналогии с Землей ученые предполагали, что все Солнце обладает магнитным полем, которое грубо аппроксимируется полем диполя или равномерно намагниченной сферы. В первой половине нашего века было сделано несколько попыток обнаружить такое поле вблизи полюсов Солнца. Однако из-за недостаточной точности применявшегося при этом фотографического метода верхние оценки величины поля оказались далекими от истинного значения.



ПОЛЕ магнитного диполя



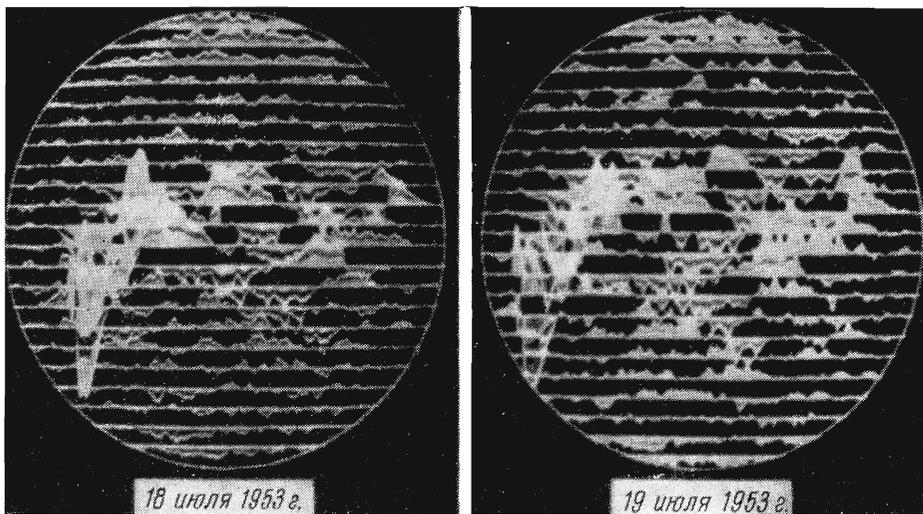
РАСПЕЩЕНИЕ ЛИНИИ В ПРОДОЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ. Если магнитного поля нет ($H = 0$), то спектральная линия не расщепляется на компоненты (слева). В магнитном поле ($H \neq 0$) спектральная линия расщепляется, если наблюдать вдоль поля, на две компоненты с противоположным направлением круговой поляризации. Относительный сдвиг компонент $\Delta\lambda$, который измеряется на крыле линии, пропорционален величине магнитного поля

Первое надежное определение величины высокоширотного поля Солнца выполнено Гарольдом и Горацием Бэбкоками в обсерватории Маунт Вилсон (США). Они впервые применили фотоэлектрический метод регистрации магнитного поля. Как известно, в магнитном поле спектральные линии расщепляются на ряд компонент (эффект Зеемана). В простейшем случае, наблюдая вдоль поля, можно видеть, как линия распадается на две компоненты с противоположным направлением круговой поляризации. Относительный сдвиг компонент, являющийся мерой поля, очень мал (если напряженность поля меньше 100 гс), поэтому его нельзя измерить на фотографии спектра. Бэбкоки использовали для этого магнитограф, специальное устройство (электрооптический модулятор) которого позволяет попеременно гасить компоненты. В результате суммарная интенсивность крыла линии меняется с частотой модуляции. Измеряя фотоумножителем сигнал на этой частоте, можно судить об относительном сдвиге компонент, пропорциональном величине слабого поля.

Наблюдения с магнитографом Бэбкоки начали в период минимума солнечной активности (1952—1953 гг.). Помимо сильных магнитных полей в пятнах они обнаружили слабое высокоширотное поле Солнца, напряженность которого оказалась равной 1 гс. Полярность высокоширотного поля, измеренная в 1955 г., была положительная в северном полушарии и отрицательная в южном, что как раз противоположно магнитному полю Земли.

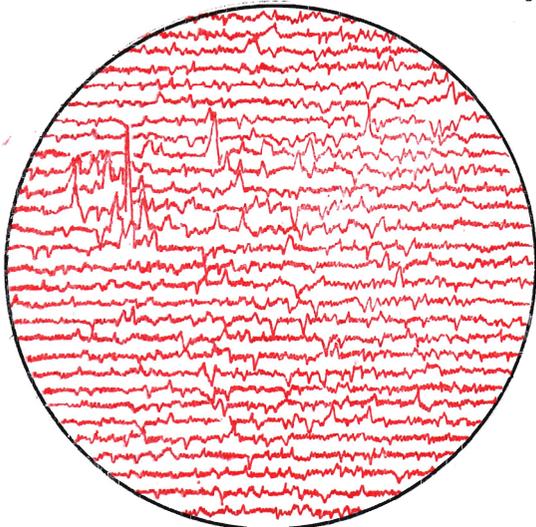
Бэбкоки отметили ряд странностей в поведении общего магнитного поля Солнца. Так, в 1957—1958 гг., фактически незадолго до наступления максимума солнечной активности, поле изменило знак. Кроме того, был замечен неоднородный характер поля. Это свидетельствует о том, что высокоширотное поле не имеет «глубоких корней», а носит поверхностный характер. Если бы это поле действительно принадлежало всему Солнцу, то из-за больших размеров шара и высокой проводимости газа оно могло бы существенно меняться только за время порядка 10 млрд. лет.

Однако как в первых, так и в более позд-

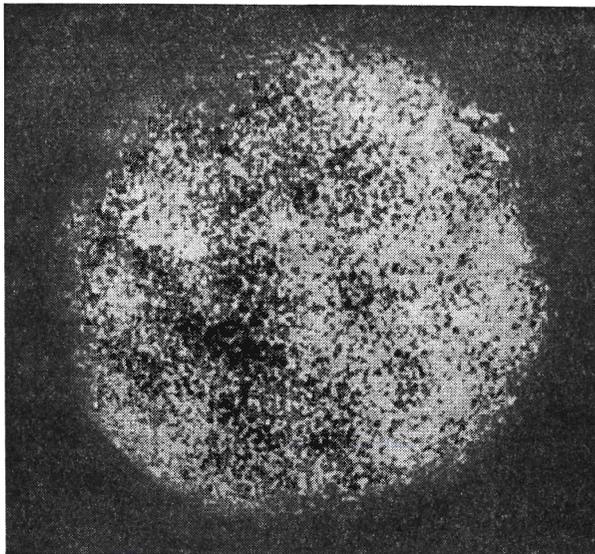


МАГНИТОГРАММЫ — карты распределения интенсивности и полярности слабых магнитных полей по диску Солнца, полученные Гарольдом и Горацием Бэбкоками. Север — вверху, восток — справа. Направление отклонения от горизонтальной прямой определяет полярность. Расстояние между горизонталями соответствует напряженности поля около 1 гс. Небольшие отклонения в противоположные стороны у северного и южного полюсов — признак существования общего магнитного поля Солнца

N



2 августа 1965г



S

ЗАПИСЬ ОБЩЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ всего солнечного диска, сделанная в Крымской астрофизической обсерватории 2 августа 1965 г., и спектрогелиограмма в линии К ионизованного кальция

них наблюдениях, выполненных в обсерватории Маунт Вилсон, были существенные недостатки. Стремясь записать поле всего диска, Бэбкоки проводили измерения с очень большой щелью (длиной от 70'' до 23'') и с большой скоростью записи. В результате они смогли определить среднюю напряженность поля лишь на больших участках (диаметром 50—20 тыс. км). Поэтому было небезынтересно проверить и продолжить исследования Бэбкоков, но уже на материале, полученном с более высоким разрешением.

С осени 1963 г. в Крымской астрофизической обсерватории начали регистрировать полярное поле Солнца. Разрешающая сила этих записей составляла 2'',5×4'',5 (или 2'',5×9'',0), что в 10—20 раз превышает разрешающую силу, применявшуюся Бэбкоками. Значительно меньшей, чем в наблюдениях Бэбкоков, была и скорость регистрации (1''/сек), что позволило полностью избежать смазывания деталей размером не меньше 3''. Обычно записывались участки полярных

папок или полностью полярные секторы, а в 1965—1966 гг. в дни очень спокойного Солнца были сделаны дополнительные записи всего диска. При этом на одну запись всего солнечного диска практически уходил полный день наблюдений.

Регистрация с более высоким разрешением существенно изменила характер записи. Оказалось, что общее поле Солнца состоит из множества элементов (флуктуаций), число которых на видимом диске достигает нескольких тысяч. Даже на одной полусфере полярность элементов различна. Неодинаковы также напряженности полей и площади отдельных элементов. Из-за крайней неоднородности и хаотичности распределения общего магнитного поля пришлось прибегнуть к статистической обработке результатов. Средняя напряженность поля элементов определялась следующим образом:

$$\bar{H} = \sum H_i v_i,$$

где H_i — максимальная напряженность поля в отдельном элементе, а v_i — частота

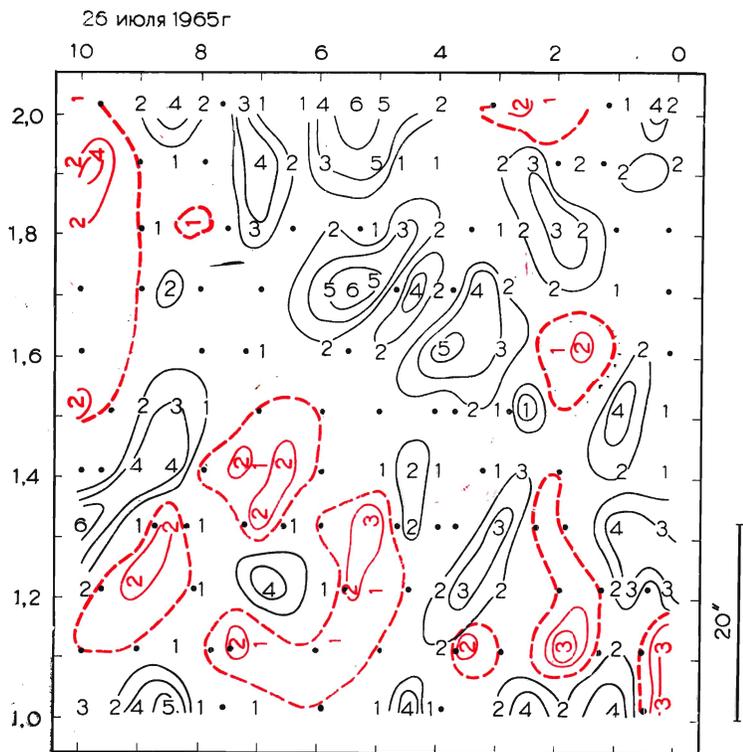
Средние напряженности магнитного поля Солнца на полюсах

Время	I полугодие 1964 г.		II полугодие 1964 г.		1965 г.	
	северный	южный	северный	южный	северный	южный
S-полярность	5,40	3,29	4,41	3,54	5,28	4,04
N-полярность	3,31	3,54	3,32	4,52	4,65	4,83
Результирующее поле	+2,09	-0,25	+1,09	-0,98	+0,63	-0,79

встречаемости таких элементов. Характерно, что довольно значительное число элементов имеет напряженность от 5 до 15 *гс*. Средняя напряженность поля при переходе к высокому разрешению возрастает в 1,5—2 раза, средние же размеры элементов лишь несколько уменьшаются. Это значит, что принимавшиеся ранее скорости изменения поля с расстоянием на поверхности Солнца (градиенты поля) должны быть увеличены в 5—10 раз. Так как силы, действующие со стороны поля на плазму, определяются

градиентами поля, то факт увеличения градиента поля очень важен для динамики плазмы, особенно во внешних слоях атмосферы Солнца, где магнитная энергия преобладает над другими видами энергии. Кроме того, области, вначале представлявшие униполярными, при более высоком разрешении оказались мультиполярными.

Средние напряженности поля на обоих полюсах Солнца даны в таблице. Формально можно получить результирующее поле, взяв в каждый из рассматриваемых периодов

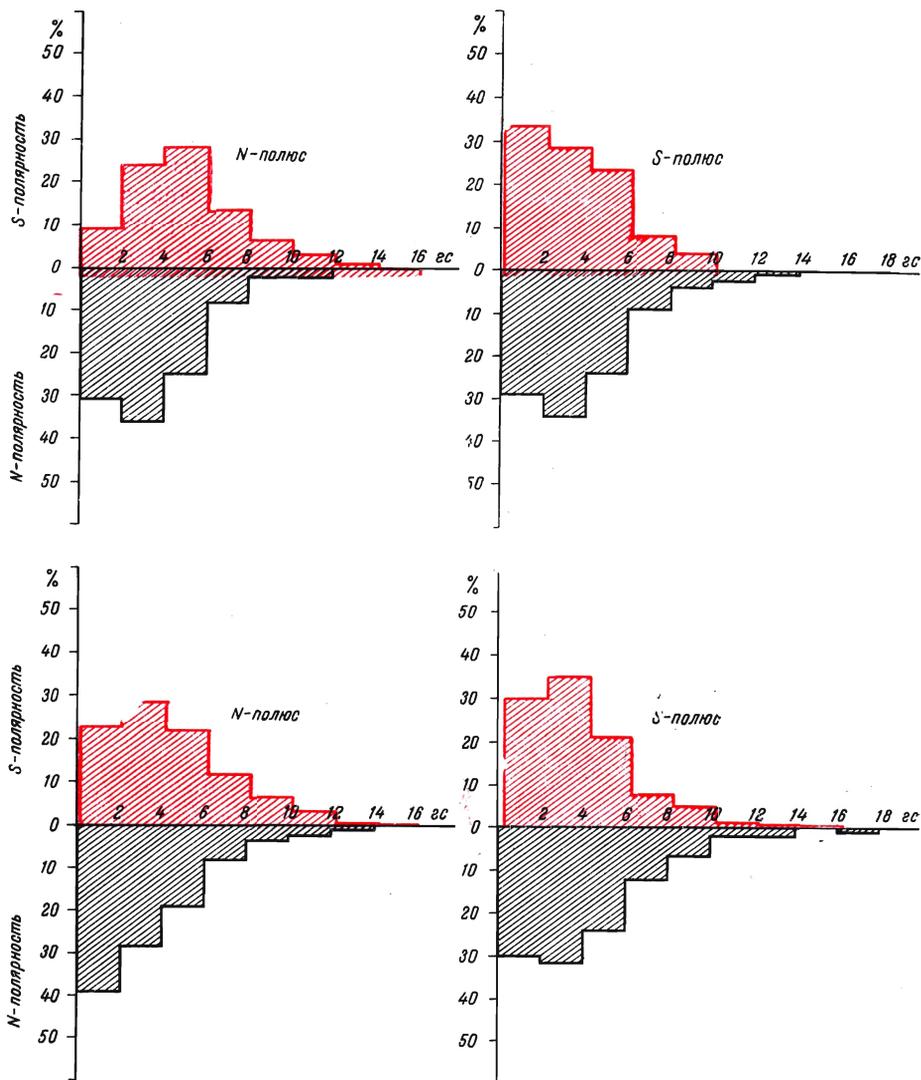


КАРТА ИЗОГАУСС участка полярного поля Солнца на северном полюсе: вертикальные цифры — S-полярность, горизонтальные — N-полярность (единица равна 2,4 *гс*). Хорошо видно преобладание областей S-полярности. Шкалы по горизонтали и вертикали условные, масштаб (показан справа) — 20°

времени алгебраическую сумму средних напряженностей поля по обоим полюсам.

Как видно из данных, приведенных в таблице, в первом полугодии 1964 г. результирующее поле на южном полюсе Солнца отсутствовало, а с середины 1964 г. до конца 1965 г. оно по величине и знаку было подобно полю диполя: северный полюс — S -по-

лярности, южный — N -полярности с напряженностями от 0,6 до 1 гс. Однако определенного физического смысла понятие «результирующее поле» не имеет. Гораздо важнее — поток поля $\left(\int_S H \cdot ds\right)$. Для однородного поля в площадке S это будет просто произведение величины напряженности H на



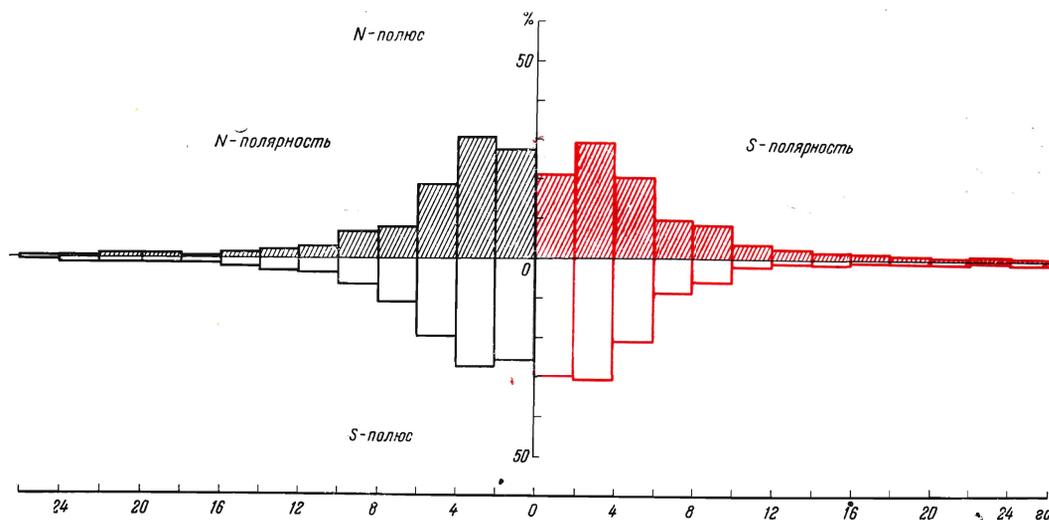
ГИСТОГРАММЫ распределения частот элементов поля по напряженности: сверху — за I полугодие 1964 г., внизу — за II полугодие 1964 г.

площадь S . Если вычислить поток поля по полусферам, то можно обнаружить резко выраженную (в годы МГСС) магнитную асимметрию Солнца: поток поля S -полярности на северном полюсе доминирует над всеми остальными потоками. Такой же результат можно получить и при непосредственном планиметрировании изогауссных карт полярного поля Солнца. Характерно, что эффект магнитной асимметрии сохраняется и в верхних слоях атмосферы Солнца — в хромосфере. Об этом свидетельствуют измерения поля по образующейся в хромосфере линии водорода $H\alpha$, хотя напряженность полей здесь почти в полтора раза меньше, чем в фотосфере. Таким образом, если судить по потоку поля, то можно сказать, что в годы МГСС Солнце вело себя как S -однополюсник, S -«монополь». Интересно, что магнитной асимметрии сопутствует более высокая активность в северной полусфере. Следует подчеркнуть, что перевес потока S -полярности для видимого диска Солнца в целом есть результат преобладания измеренной площади S -«элементов» (областей) над площадью N -«элементов», а не преобладания напряженности. Из таблицы, а также из сравнения гистограмм напряженности в разных местах диска видно, что напряженности поля противоположных полярностей в среднем одинаковы в те-

чение большей части рассматриваемого промежутка времени. Любопытно, что аналогичный эффект одновременно и независимо был недавно обнаружен В. Бумбой, Р. Говардом и С. Смитом. Они нашли, что в течение семи оборотов Солнца (1960—1961 гг.) магнитный поток оставался все время одного знака и соответствовал перевесу N -полярности.

Полярное поле Солнца не может быть полем диполя еще и потому, что никаких изменений поля с широтой не обнаружено (для поля диполя такая зависимость существует). Кроме того, в высоких широтах поле диполя почти радиально. Это радиальное поле должно проявляться при наблюдениях центра диска и отсутствовать по краям его, где наблюдается другая, поперечная компонента поля. Но сравнивая гистограммы напряженностей и длин элементов для краев диска и его центра, можно убедиться, что распределение продольной и поперечной компонент принципиально не отличается. Все это позволяет сделать вывод об изотропном, хаотическом распределении поля. Несущественное преобладание продольной компоненты над поперечной, возможно, имеется.

Заслуживают особого внимания флуктуации общего поля Солнца. В течение нескольких месяцев поле на полюсе исчезает, а затем появляется вновь. Например, с конца 1963 г.



ГИСТОГРАММА распределения частот элементов поля по напряженности за 1965 г.

поле на южном полюсе исчезало, а в сентябре 1964 г. появилось вновь, тогда как на северном полюсе все это время было поле *S*-полярности. В 1965 г. до сентября поле в среднем было примерно таким же, как и поле диполя: преимущественно *S*-полярное на северном полюсе и *N*-полярное на южном. С сентября 1965 г. поле стало *S*-полярным на обоих полюсах и оставалось таким до ноября, а в начале 1966 г. исчезло на северном полюсе и стало опять *N*-полярным на южном.

С 1967 г. в Крымской астрофизической обсерватории начаты систематические измерения результирующего магнитного потока от Солнца в целом, как от звезды. Для этого измерения поля делают в параллельном пучке, без построения изображений Солнца, когда в формировании линии в спектре Солнца участвует вся его поверхность. Обработка этих измерений подтверждает полученные ранее выводы о преобладании (иногда длительное время) потока одной полярности и колебаний этого потока со временем.

Наряду с этими, происходящими за несколько месяцев, изменениями общего поля, наблюдаются и быстрые (примерно в течение суток) колебания поля. Если это эффект гидромагнитного возмущения, идущего от одного полюса к другому, то его скорость около 7 км/сек . Дальнейшее изучение такого эффекта быстрого «вздрагивания» общего поля Солнца и его флуктуаций может иметь очень большое значение для понимания природы магнетизма Солнца и других звезд.

По-видимому, существуют также быстрые, с периодом от нескольких минут (или короче) до 10 минут, флуктуации — пульсации общего магнитного поля, синхронизованные некоторым образом с 5-минутными пульсациями лучевых скоростей, обнаруженными несколько лет назад Лейтоном (обсерватория Маунт Вилсон). Эти пульсации поля в настоящее время внимательно изучаются.

С точки зрения магнитной гидродинамики элементы полярного поля небезынтересно сопоставить с элементами хромосферной сетки. Происхождение ее, возможно, связано с крупномасштабными конвективными движениями, которые на глубине 40—100 тыс. км под фотосферой «стребают» слабое квазиоднородное поле в сетку. Силовые линии, распрямляясь, приводят в движение более высокие слои газа. В результате в нижней хромосфере наблюдаются горизонтальные потоки, которые со скоростью $0,3—0,5 \text{ км/сек}$ перемещаются от центра ячеек к периферии. В областях, имеющих магнитное поле, усиливается яркость хромосферы, наблюдаемая, например, как яркая сетка в лучах H и K ионизованного кальция. Структура магнитного поля действительно соответствует структуре хромосферы, если сопоставить распределение размеров элементов магнитного поля и размеров ярких элементов в линиях кальция H и K. Ожидалась, правда, тесная связь между скоростями и полем, но магнитограф, регистрирующий одновременно и скорости движений, этой связи не обнаружил.



БОЛЬШАЯ ГРУППА СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН, ИЮНЬ 1968 Г.

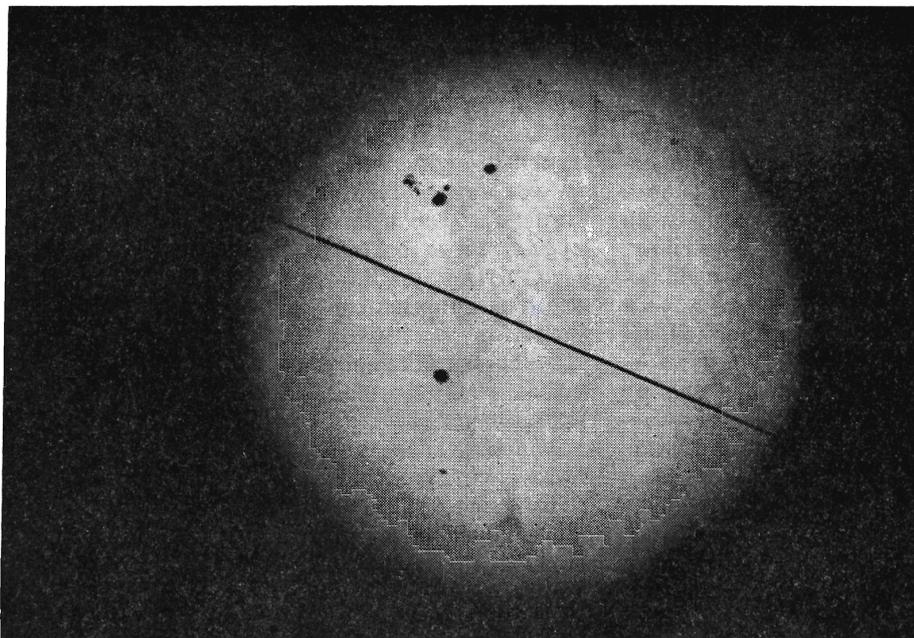
20—21 июня 1968 г. через центральный меридиан Солнца прошла большая группа пятен (максимальная площадь пятен составляла 1200 миллионных долей от площади солнечной полусферы).

Эта группа особенно интересна сложной и изменчивой структурой, а также большим количе-

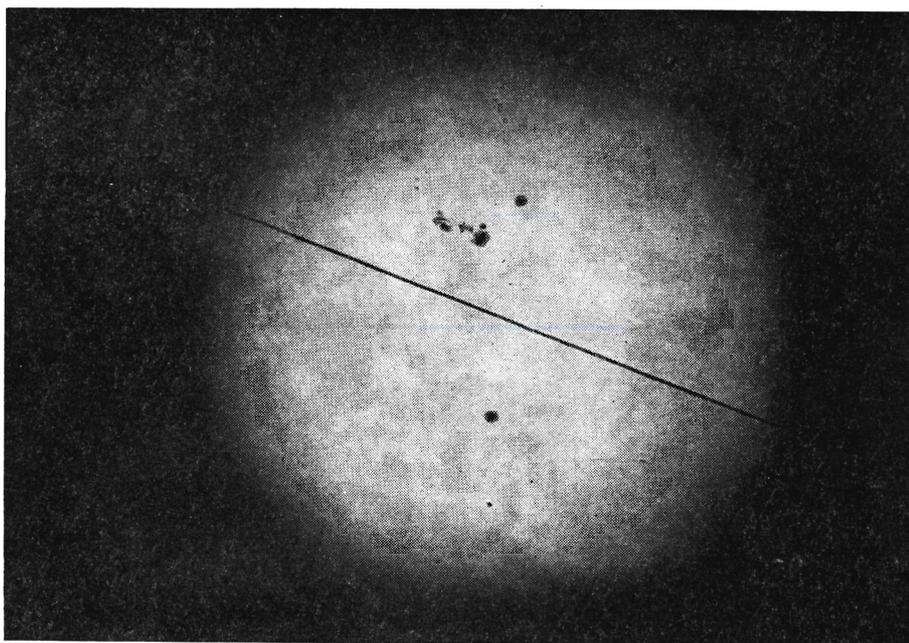
ством пятен. В отдельные дни в группе наблюдалось до 60 пятен.

На первой странице обложки и на четырех фотографиях показана эта группа во время прохождения по диску. Видно, как сильно менялась от дня ко дню хвостовая часть группы. Головное пятно лишь незначительно изменилось (см. стр. 24—25).

Группы столь сложной структуры часто сопровождаются большими хромосферными вспышками. Однако эта активная область не привела к возникновению сколько-нибудь сильных событий на Солнце, и с данной группой не связаны существенные геофизические явления. При прохождении группы через центр Солнца наблюдалось лишь несколько слабых и умеренных вспышек. Не было зарегистрировано каких-либо значительных возмущений и в ионосфере.

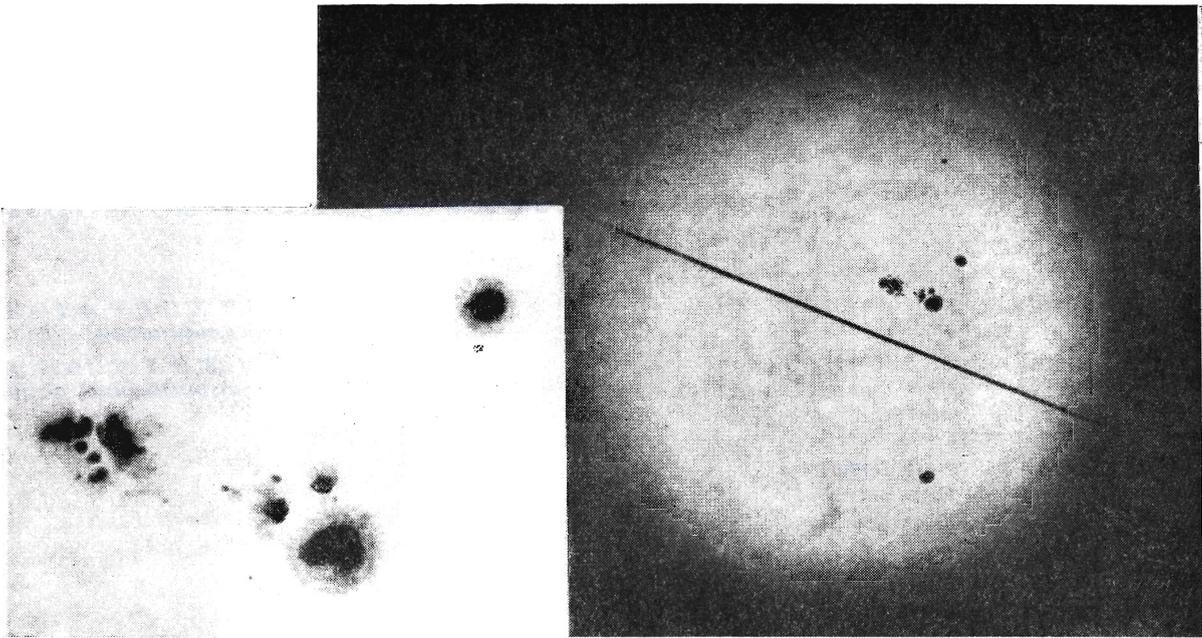


18 июня 1968 г.

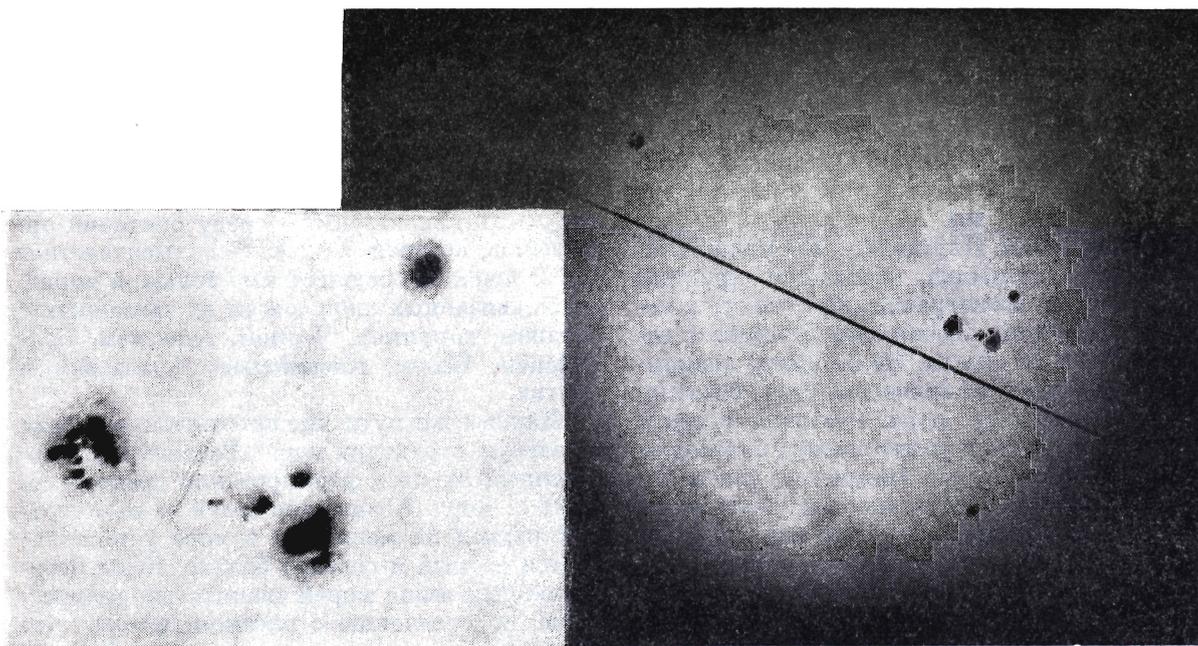


19 июня 1968 г.

1968 г.—год максимума одиннадцати



21 июня 1968 г.



22 июня 1968 г.

ЛЕТНЕГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Соленость и жизнь моря

Е. А. ВИНОГРАДОВ
доктор биологических наук

Д. М. ТОЛМАЗИН
кандидат физико-математических наук

До гор болото, воздух заражая,
Стоит, весь труд испортить угрожая.
Прочь отвести гнилой воды застой —
Вот высший и последний подвиг мой.

(Гете «Фауст»)

Издrevле и до наших дней океан представляется человеку необъятной стихией, совершенно не подвластной его воздействию. Но хотя человек еще не может управлять движением вод океана (приливами, волнами и течениями), многие его обитатели давно «запустили» человека. Вспомним, например, многочисленные описания попрошайничания акул у идущих судов. А дельфины, по образному выражению Плуларха, — это единственные в мире существа, познавшие принцип «дружба не за вознаграждение», станут в недалеком будущем союзниками человека в освоении богатств океана. Но не всегда знакомство с человеком оканчивалось столь безобидно для обитателей моря. Развитие средств промысла привело к уничтожению некоторых видов животных и рыб. Например, уже в начале XX в. было почти полностью уничтожено стадо гренландских китов; еще раньше была истреблена стеллерова морская корова.

Но здесь авторы намерены рассказать не о механическом воздействии человека на живую природу океана, а о том, как изменяется его флора и фауна в результате влияния человека на физико-химические свойства морей. Именно эта деятельность человека связана с риском выбить одно из важных звеньев во взаимодействии живой и неживой природы и привести к катастрофическим последствиям в наиболее «плодородных» морях, подобно тому

как небрежно раздавленная бабочка Рэя Бредбери повлияла на процесс эволюции природы и истории.

КАК ИЗМЕНИТЬ СОЛЕНОСТЬ МОРЯ?

Изменить соленость воды в море — значит нарушить неповторимую среду обитания организмов, которая создавалась тысячелетиями. Причем это осуществимо только в морях, слабо связанных либо совсем не связанных с океаном, например, Черном, Азовском, Балтийском, Белом, Каспийском, Аральском и других.

Каковы же пути вмешательства человека в солевую структуру моря? Рассмотрим естественный процесс формирования средней солености моря. Количество солей за многолетний период не меняется: в море устанавливается водный и солевой баланс. Воды перечисленных выше морей значительно распределены по сравнению с океаном, потому что приходные составляющие водного баланса этих морей — осадки и материковый сток — превышают убыль пресной воды в результате испарения. Образующийся избыток воды уходит через проливы в соседние бассейны. Но это не простой водослив. Под действием ветра и других причин в проливах происходит водообмен с соседними бассейнами. Часть

опресненной воды уходит из моря, а вместо нее приходит меньшая по объему часть более соленой воды. Этот процесс поддерживает относительное постоянство солей в море.

Предположим теперь, что нам удалось искусственно изменить какую-то составляющую водного баланса. (Из всех пресных составляющих водного баланса человек эффективно может изменять только речной сток.) Тогда существующий баланс солей нарушится и соленость моря начнет изменяться.

ЧЕЛОВЕК И ЕЕ «ЗОЛОТАЯ РЫБКА»

Жизнь человека всегда была связана с рекой. Вначале он пил ее воду и ловил в ней рыбу; затем стал забирать воду из реки на орошение, а когда человек научился использовать энергию реки, он создал громадные водохранилища. Облик бассейна реки теперь полностью изменяется. Исчезают «разливы рек, подобные морям», погибают плавни, прежде изобиловавшие рыбой и дичью. В СССР не стало больших рек, не зарегулированных где-либо плотиной. Но на этом деятельность человека не ограничилась. Для нужд промышленности, сельского хозяйства и быта ему понадобилось забрать всю воду реки.

История взаимоотношений человека с рекой напоминает «Сказку о золотой рыбке». Но в сказке рыбка освободилась от назойливого старика просто — вильнула хвостом и ушла в море. Здесь же в результате интенсивного использования водных ресурсов реки возникла проблема: как предотвратить падение рыбопродуктивности внутренних морских водоемов? Безвозвратное изъятие речной воды губительным образом сказывается на условиях обитания наиболее ценных пород рыб.

Особенно острый конфликт между отраслями хозяйства, нуждающимися в пресной воде, и морским промыслом возникает в бассейнах рек Молдавии, Украины и Северного Кавказа. Широкое развитие мелиорации земель, строительство новых гидроэлектростанций на Днестре и Днепре, увеличение выработки руды приводят к необходимости создавать новые водохранилища и обеспечивать более полную отдачу речных вод. В то же время в устьях этих рек — на морских участках — сильно развит морской промысел, основу которого составляют ценные породы рыб.

Конфликт нарастает, и чтобы его разре-

шить, необходимо научно обосновать и заблаговременно оценить тот ущерб, который будет нанесен рыбным запасам и рыболовству в результате полного использования стока рек.

ГРЯДУЩАЯ КАТАСТРОФА В АЗОВСКОМ МОРЕ

Резкое ухудшение условий обитания рыб в этом богатейшем на Земле по биологической продуктивности море наступило после создания Цимлянского гидроузла (1952 г.). В 1936—1939 гг. и до 1952 г. в Азовском море вылавливалось ежегодно до 2—2,6 млн. ц рыбы; 78% улова составляли ценные породы: осетровые, судак, лещ, тарань, сазан, шемая, рыбец. Теперь в море вылавливают примерно 1,5—1,7 млн. ц рыбы; 88% улова составляют уже малоценные породы: хамса, бычок, тюлька. Море из «осетрового» превратилось в «хамсово-бычковое».

Эти изменения произошли в результате того, что десятая часть воды Дона стала задерживаться в Цимлянском водохранилище. Для мелководного Азовского моря, объем которого всего в 9 раз превышает объем стока рек за год, этого оказалось достаточно, чтобы соленость его возросла с 10,5—11‰ до 12,0—12,5‰. На естественное воспроизводство рыб повлияло и ослабление паводка, потому что водохранилища «срезали» пик половодья. Нерестилища в устье Дона и Кубани перестали обводняться. В море начали поступать вредные для живых организмов промышленные отходы.

В ближайшем будущем на орошение и водоснабжение планируется изымать уже половину стока рек Дона и Кубани. По расчетам соленость моря должна возрасти до 14—14,5‰. Существующей фауне грозит почти полная гибель.

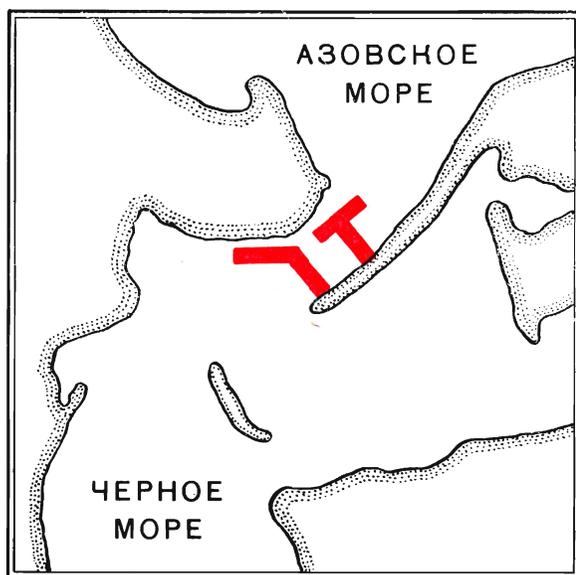
Ухудшение природы Азовского моря и намечаемые дальнейшие проекты изъятия стока обеспокоили общественность. В журналах и газетах появились многочисленные статьи ученых, рыбаков, писателей и журналистов, призывающих предпринять срочные меры для спасения фауны Азовского моря. 12 мая 1965 г. Совет Министров СССР в своем постановлении обязал проектные, научные и хозяйственные организации разработать меры по охране существующего режима Азовского моря.

КАК СПАСТИ АЗОВСКОЕ МОРЕ ОТ ОСОЛОНЕНИЯ?

Предотвратить дальнейшее осолонение Азовского моря и сохранить соленость его вод на прежнем уровне при дальнейшем уменьшении речного стока можно двумя способами. Во-первых, пополнить пресный сток в море водами рек другого бассейна. Хотя этот путь и осуществим, но не рационален. Более реальным и во много раз более дешевым должен оказаться второй путь, который заключается в уменьшении количества солей, поступающих в Азовское море через Керченский пролив. Для этой цели предложено построить дамбу, сужающую сечение пролива. Б. Л. Лагутин и Д. М. Толмазин в 1963—1964 гг. показали, что водообмен эффективно уменьшается, если дамбы имеют в плане Т-образную форму.

Сейчас проблемой сохранения оптимальных условий режима в море занимаются несколь-

ДАМБА с длинным проходным каналом в Керченском проливе уменьшит водо- и солеобмен в 4 раза. Максимальная скорость воды в канале не помешает миграции рыб и судоходству между Азовским и Черным морями. Вполне возможно, что это сооружение послужит основой для высотного железнодорожного и шоссе моста между Крымом и Кавказом вместо функционирующей теперь паромной переправы



ко научных коллективов. Разработка мер по спасению фауны Азовского моря основывается на новейших сведениях о его режиме, полученных с помощью современной океанографической техники. На электронно-вычислительных машинах проводятся расчеты будущего режима при различных вариантах уменьшения речного стока и регулирования водообмена в проливе.

БУДУТ ЛИ ВПАДАТЬ ДНЕПР, ДНЕСТР И ДУНАЙ В ЧЕРНОЕ МОРЕ.

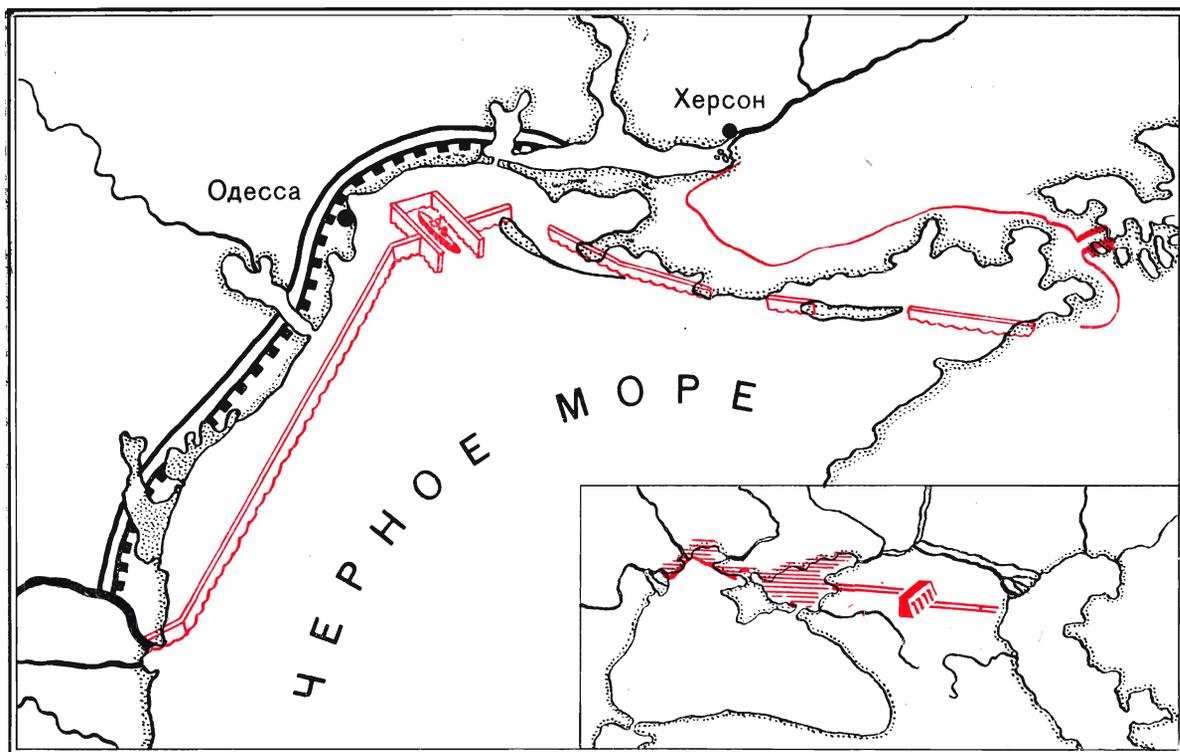
От решения этого вопроса зависит будущее большого рыбопромыслового района в северо-западном Причерноморье. По улову осетровых и сельдевых рыб этот район был третьим после северного Каспия и Азовского моря. В устьевой области Днепра улов рыбы с 68 тыс. ц в 1931—1940 гг. снизился до 26 тыс. ц в 1966 г. Ухудшился и состав пород вылавливаемых рыб. Уменьшение стока и ослабление паводка Днепра сказались пагубным образом на биологическом режиме обширного Днепроовско-Бугского лимана. Его соленость возросла, в результате чего пресноводная и лиманная фауна стала интенсивно вытесняться морской. Но основные беды еще впереди.

После завершения строительства Каневской ГЭС и создания новых оросительных систем (примерно в 1971—1972 гг.) сток* Днепра упадет до 12 км³ (в настоящее время он составляет 52 км³). Существующей фауне низовьев Днепра грозит гибель. То же произойдет и в низовьях Днестра и Днестровского лимана. После сооружения Могилев-Подольской ГЭС в отдельные периоды года русло Днестра окажется сухим.

Для сохранения условий опресненного Днепроовско-Бугского лимана у Очакова предполагается построить Нижне-Днепровский гидроузел. Вместо глухой плотины со шлюзом, полностью изолирующей лиман, по инициативе М. А. Розенгурта разрабатывается проект дамбы с длинным узким каналом внутри лимана. Расчеты показали, что при таком сооружении водообмен лимана с морем будет очень мал и лиман не будет осолоняться выше допустимой нормы.

Еще более серьезных последствий следует ожидать после осуществления планов регули-

* Сток — количество воды, стекающее с данного участка суши за некоторый промежуток времени (сутки, месяц). В данной статье говорится о суммарном годовом стоке, определяемом объемом воды в км³.



ПРОЕКТЫ использования вод Дуная в СССР:

I — «Канальный» вариант (показан черным цветом). Судосходный канал (Дунайско-Днестровский лиман) предназначен для перевозки руды из Кривбасса в придунайские страны без перевалки грузов с речных судов на морские. Его водами предполагается опреснить лиманы Дунайско-Днестровского междуречья. Несудоходный канал севернее Одессы дойдет до Днепровского лимана. Предназначен для ирригации и водоснабжения.

II — По проекту И. И. Стася можно поднять уровень Каспийского моря, используя воды Дуная. Северо-западная часть Черного моря отгораживается дамбой с судосходными шлюзами (показаны красным цветом) и превращается в водохранилище. Избыток воды уходит по каналу через Сиваш в Азовское море (см. врезку). Для подачи воды в Каспий предлагается использовать Кумо-Маньчскую водную систему. Перепад уровней воды в 26 м между Азовским и Каспийским морями позволит сливать до 30 км³ воды в год, а на пути поставить ГЭС

рования стока Дуная и его комплексного использовании придунайскими государствами. Здесь приходится говорить об изменении гидрологии не только опресненного устьевых района, но и всего Черного моря. Дунай дает 200 км³ воды в год, что составляет 56% речного стока в море. Только в низовьях Дуная предполагается построить две гидроэлектростанции общей мощностью 6600 млн. кВт·ч либо одну станцию и канал, соединяющий Дунай с морем. В результате в Румынии будет создана оросительная система на площади 1800 тыс. га, а оставшиеся свободные водные ресурсы реки будут использованы в СССР.

Такие потери стока Дуная нанесут значительный ущерб рыбному хозяйству. Навсегда исчезнет слава о дунайских осетровых рыбах и сельди. Засоление дельтовой акватории приведет к ликвидации богатейших районов нереста многих рыб, причем возместить эти потери, хотя бы незначительно, можно только путем организации специальных рыбоводных хозяйств, которые будут разводить рыбу в пресных водохранилищах, в водоемах оросительных систем, на рисовых полях. Вероятно, рыбу придется выращивать генетико-селекционными методами: создавать новые породы рыб, а может быть, те же осетровые, но приспособленные к обитанию в пресных водах.

Не исключен и метод инкубации икры и выращивания молоди рыб вне водоема и т. п. Однако определенных положительных результатов в этом направлении можно будет достичь очень не скоро и при весьма значительных затратах труда и средств.

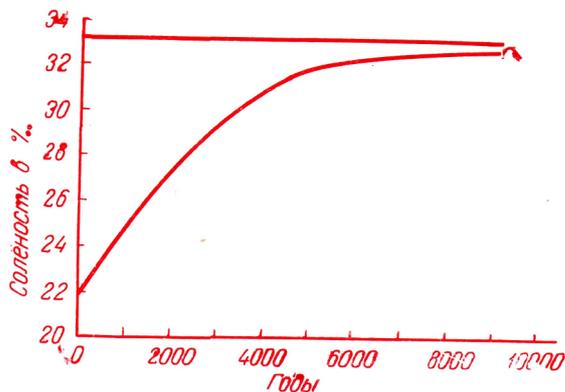
БУДУЩЕЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

До сих пор мы говорили о влиянии изменений стока на участки моря, находящиеся под непосредственным действием реки. Однако планы использования речного стока (читатель в этом уже мог убедиться) идут так далеко, что можно ожидать изменений гидрологического режима во всем Черном море.

Своеобразие этого водоема заключается в том, что с глубины 150—200 м и до дна вбды Черного моря заражены сероводородом. Не останавливаясь на причинах возникновения сероводорода, укажем, что такое заражение оказалось возможным благодаря затрудненному вертикальному водообмену между верхними и нижними слоями. Границей, препятствующей зимней конвекции и проникновению кислорода вглубь, является слой резкого возрастания солености на глубинах 60—100 м. В этом слое соленость повышается от 18,5 до 21‰ и далее плавно растет до 22,5‰ у дна. Значительная разница солености на поверхности моря и у дна объясняется большим притоком пресных вод на поверхности и поступлением через нижние слои Босфора высокосоленых вод из Мраморного моря. За год в Черное море вливается 176 км³ этих вод, а верхнее течение уносит 340 км³ черноморской воды.

Расчеты показали, что существующие водообмен через Босфор и обмен водой между верхним и нижним слоями за счет вертикальных движений не ликвидируют безжизненной пустыни ниже 150—200 м. Установлено, что отдельные частицы могут подняться к поверхности лишь за 100—130 лет (!).

Эта картина значительно преобразуется после безвозвратного изъятия речного стока. Реализация описанных проектов изменения режимов всех крупных рек приведет к тому, что к 2000 г. потери стока составят 150—170 км³ в год. Тогда оставшиеся (надолго ли?) 180—200 км³ речного стока и осадки (119 км³) будут соизмеримы с объемом испаряющейся воды (332 км³). А так как приток мраморно-морских вод не прекратится, средняя соленость Черного моря будет расти и через



ТАК БУДЕТ ИЗМЕНЯТЬСЯ средняя соленость Черного моря после изъятия 40% речного стока

7000 лет достигнет 33‰. Если же речной сток уменьшится до 100 км³, средняя соленость будет стремиться к 42‰.

Что же произойдет с Черным морем? Оно станет похожим на Средиземное. С увеличением роли испарения усилятся конвекция, кислород проникнет на большие глубины, а слой сероводорода уменьшится или исчезнет совсем. Море станет более теплым, его температура зимой не будет ниже 10—12° в открытых частях (теперь 7—9°). Климат побережий потеплеет, расширятся зоны субтропиков. Изменится и цвет моря. Оно станет более лазоревым и даже в бурю не будет черным. Черное море перестанет оправдывать свое название.

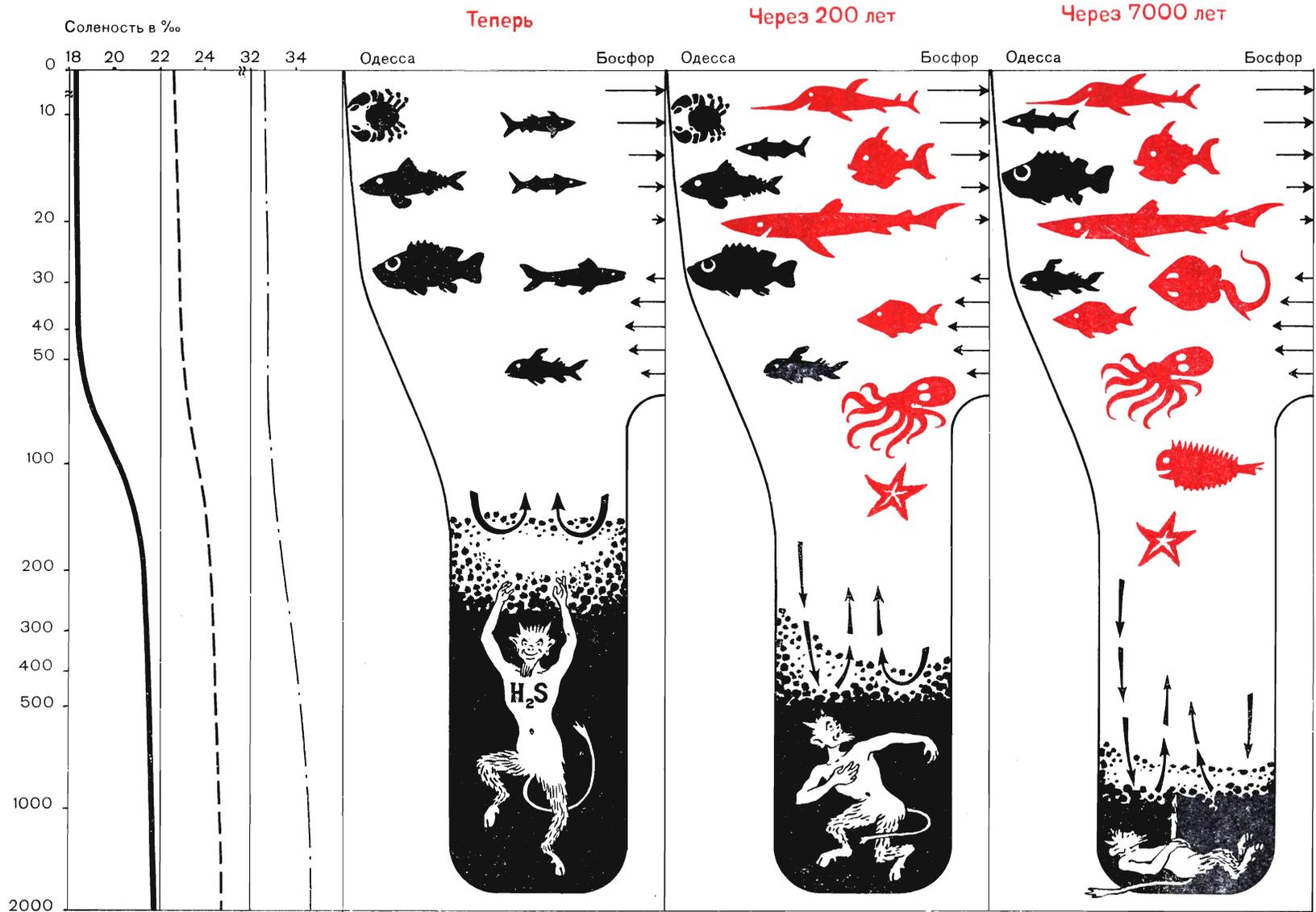
ГОЛУБАЯ ПУСТЫНЯ

Полностью перестроится и биологическая структура Черного моря. Теоретически жизнь, в обычном ее понимании (исключая сероводородные бактерии), сможет распространяться до максимальных глубин Черного моря (2212 м), т. е. до дна.

На какой-то период времени значительно усилится процесс «медитерранизации» * Черного моря.

Однако можно предположить, что из-за недостатка в водах «нового» Черного моря кальция, приносимого сейчас реками, в нем едва ли возможно будет процветание губок, кораллов, мшанок, иглокожих, моллюсков, ракооб-

* Термин, предложенный профессором И. И. Пузановым для характеристики проникновения организмов из Средиземного моря в Черное через Дарданеллы и Босфор.



ПРЕДПОЛАГАЕМАЯ БУДУЩАЯ СТРУКТУРА ВОД Черного моря после изъятия части речного стока (шкала глубин в логарифмическом масштабе): сплошная линия — распределение солености в настоящее время, пунктирная линия — то же через 200 лет, штрих-пунктирная линия — то же через 7000 лет. Со временем Черное море осолоняется, усиливаются вертикальные токи, уменьшается слой сероводорода. Утепленное и соленое Черное море станет желанным местом обитания многих организмов Средиземного моря. Аборигенам придется потесниться

разных и других организмов, потребляющих кальций для построения своего скелета. В связи с этим, фауна Черного моря даже при более высокой солености и температуре будет много беднее средиземноморской. В частности, по указанной выше причине моллюски будут обладать очень тонкой раковиной и малыми размерами.

Присутствие кислорода в глубинных слоях «нового» Черного моря и более интенсивный вертикальный водообмен в толще его вод не заменят благотворного влияния рек на биологическую продуктивность моря. Так, например, на больших глубинах Средиземного моря почти отсутствует донная и придонная фауна. Она представлена лишь единичными особями, рассеянными на больших пространствах морского дна.

Возможно, что на каком-то отрезке времени в «новом» Черном море выработается своя специфическая фауна, в которой будут преобладать организмы, не требующие на построение своего тела больших количеств кальция, в частности, голожаберные и головоногие моллюски (кальмары, осьминоги, каракатицы), черви и т. п.

Однако более интенсивный водообмен по вертикали со временем частично восполнит недостаток биогенных веществ. Заполнение

глубинной чаши Черного моря средиземноморскими водами, подъем накопившихся в глубинах моря биогенных веществ приведут к некоторой интенсификации жизни.

Что же произойдет с современной черноморской фауной и флорой, приспособленной к обитанию в водах гораздо меньшей солености, чем средиземноморская? Отдельные ее компоненты в какой-то мере будут приспосабливаться к новым условиям существования; другие, постепенно отступая под натиском «пришельцев», рано или поздно погибнут.

Число видов рыб, несомненно, возрастет за счет большого разнообразия форм. Биологи и любители природы смогут насладиться красотой и многообразием красок живых существ «нового» Черного моря. Но промысловые трапезы опустеют — общее количество рыбы значительно уменьшится.

Со времени последнего катаклизма, когда в Черное море проникли средиземноморские воды, прошло около 5000 лет. Теперь руками человека готовится новый катаклизм, в результате которого полностью изменится облик Черного моря. Он неизбежен. Поэтому задача ученых-мореведов и практиков — предугадать ход процесса и его возможные последствия, чтобы своевременно и правильно перестроить экономику Черного моря.



ВТОРАЯ НОВАЯ ЗВЕЗДА ОЛКОКА

Мы уже рассказывали о Новой Дельфина 1967, открытой в июле 1967 г. английским любителем астрономии Дж. Олкоком*. Эта медленная Новая до сих пор почти не уменьшает блеска: в июне 1968 г. она все еще была 6-й величины. Наблюдения ее, по-прежнему, представляют большой интерес. И не успела погаснуть эта звезда, как Олкок обнаружил вторую Новую. (Прекрасная награда после 12 лет неустанных поисков новых звезд!)

Новая Лисички 1968 была открыта Дж. Олкоком 15 апреля 1968 г. через 15 минут после того, как он навел в ту ночь

* См. «Земля и Вселенная», 1968, № 1, стр. 11.

свой бинокль на ясную прогалину в облачном небе. Блеск звезды составлял $5^m,6$, т. е. такой же, как и Новой Дельфина в момент открытия. На следующий день звезду независимо открыл в Осло один из шведских любителей астрономии, Мидтсквен; она была уже $5^m,0$.

16 апреля в Канаде были уже получены первые спектрограммы звезды; 17 апреля итальянские астрономы Ф. Спатти, А. Маммано и Р. Маргони отметили, что спектр Новой похож на спектр сверхгигантов класса F, как это и бывает у новых звезд незадолго перед максимумом блеска; сильные линии поглощения свидетельствовали о том,

что скорость расширения оболочки около 600 км/сек . На следующий день в спектре появились эмиссионные линии бальмеровской водородной серии, а скорость движения оболочки составляла уже 1500 км/сек .

В ночь с 18 на 19 апреля я сфотографировал область Новой Лисички на 40-сантиметровом астрографе Крымской станции ГАИШ. Этот снимок позволил отождествить звезду на картах Паломарского атласа, где на ее месте находятся две слившиеся звездочки 16^m-17^m . Амплитуда вспышки Новой Лисички 1968, таким образом, около 11—12-и звездных величин — значение, типичное для быстрых Новых. Данные о блеске звезды, которых пока маловато, действительно указывают на его быстрое падение. М. Лиллер, просмотревшая Гарвардскую коллекцию пластинок службы неба, установила, что между 1898 и 1952 гг. Новая Лисички 1968 не была ярче 14^m .

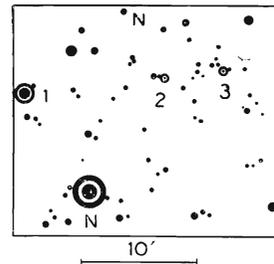


НОВАЯ ЛИСИЧКА 1968 (самая яркая звезда в центре снимка) в ночь с 18 на 19 апреля 1968 г. (а); та же область неба 27 августа 1949 г. (б). Снимки получены на 40-сантиметровом астрографе ГАИШ

Дж. Хербиг нашел звезду на старых спектрограммах, полученных в 1953 г.; она имела непрерывный спектр (указывающий на высокую температуру) без признаков эмиссии в линии H_{α} .

19—23 апреля спектры звезды были получены в Одессе и Киеве,

они имели характеристики, типичные для новых звезд, прошедших максимум блеска. Визуальные оценки С. С. Выхрестюка в Одессе показали, что 19—23 апреля блеск Новой был в среднем около $4^{m,8}$, а затем начал падать и 5 мая был $6^{m,2}$.



КАРТА ОКРЕСТНОСТЕЙ НОВОЙ ЛИСИЧКИ 1968. Отмечены также желтая полуправильная переменная S Лисички (1) и звезды, отождествляемые с Новой Лисички 1670 (СК Лисички) Стивенсоном (2) и Вахманом (3). Север —верху, масштаб указан под картой. Координаты Новой Лисички 1968 (N):
 $\alpha = 19^{\circ}45^m57^s$;
 $\delta = +27^{\circ}02',8$ (1950)

Ряд астрономов отметили близость координат Новой Лисички 1968 и Новой Лисички 1670 (СК Лисички), наблюдавшейся Яном Гевелием, и высказали подозрение, что мы наблюдаем повторную вспышку одной и той же звезды. (Б. В. Кукаркин и П. П. Паренего, опираясь на обнаруженную ими зависимость между амплитудой вспышки и промежутком времени между вспышками у повторных новых, давно уже предположили, что вспышки «типичных» новых должны повторяться через сотни и тысячи лет.) Расстояние между двумя звездами составляет около $8'$. Б. Мардсен, рассмотрев старые определения координат СК Лисички, пришел к выводу, что ее координаты вряд ли могут быть ошибочны более чем на $1'$. В области СК Лисички есть две звезды, подозреваемые на основании спектральных и фотометрических характеристик в тождественности со звездой, вспыхнувшей в 1670 г., но Новая Лисички 1968 не совпадает ни с одной из них. Новая Гевелия имела в свое время характерный вторичный максимум после первоначального падения блеска. Посмотрим, будет ли он у Новой Олкока!

Ю. А. ЕФРЕМОВ
 кандидат
 физико-математических наук

Сейсмические волны о недрах Земли

А. В. НИКОЛАЕВ

кандидат физико-математических наук

Внутреннее строение Земли — основной вопрос сегодняшней геофизики. Сейсмический метод исследований дает наиболее ощутимый вклад в наши знания о строении Земли, он позволяет дифференцировать ее по упругим свойствам — скоростям продольных и поперечных сейсмических волн.

Упругие волны, возбужденные естественными источниками — землетрясениями — и искусственными — взрывами — регистрируются на сейсмических станциях, число которых до сих пор очень невелико: сведения, извлекаемые из сейсмограмм, так скудны и запутаны, что метод работы сейсмолога можно сравнить с творчеством писателя-фантаста или детектива, который по незначительному числу разрозненных фактов восстанавливает сложное происшествие. И здесь, и там необходимо строить догадки, заполняющие пробелы в фактах, и принимать упрощенные модели, чтобы связно представить события. Однако сейсмолог, в отличие от детектива, никогда не бывает уверен в правоте своих выводов, в его результатах остается неопределенность, ободряющая научных оппонентов и стимулирующая дальнейшие исследования. И хотя сейчас все склонны отрицать существование слоя золота, которое разрабатывал с помощью своего гиперболоида инженер Гарин, гипотеза писателя А. Н. Толстого не может быть до конца отвергнута, пока не удастся по-настоящему докопаться до больших глубин земных недр. И если подумать о том, что идея гиперболоида уже осуществлена в лазере, мысль невольно скользит дальше — к золотому слою.

«МУТНАЯ ЗЕМЛЯ» — СЛУЧАЙНЫЕ ФЛУКТУАЦИИ И ПЛАВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

К модели всей Земли или некоторой ее части предъявляются следующие требования: сравнительно небольшое число параметров и аналитическое удобство описания, а также сходство с определенными чертами реальной среды. С вопросами выбора и описания модели мы сталкиваемся непрерывно: наш словарь, состоящий практически из десятка тысяч слов, позволяет описывать предметы и явления, сложность и разнообразие которых трудно даже вообразить. Каждое описание мы стремимся строить предельно лаконично, упоминая только о чертах наиболее существенных. Такой существенной чертой строения Земли обычно считают слоистость, близкую к сферически-симметричной, и строят несложные модели, позволяющие частично объяснить экспериментальные сейсмические данные: например, модели однородной Земли, слоисто-однородной, слоистой с плавным вертикальным изменением скорости в слоях

и т. п. Эти модели хороши тогда, когда нас устраивает такая аппроксимация. В других случаях могли бы оказаться более удачными совсем другие предположения, например: Земля построена из кирпичей, шаров или октаэдров при различной системе упаковки и т. д.

В сферически-симметричной модели никак не могут быть отражены горизонтальные неоднородности, изменения толщины слоев, рельеф границ и другие интересные характеристики. Небольшие неоднородности часто не могут быть точно установлены из-за того, что нам не хватает экспериментальных данных и умения их обработать. Тем не менее реальную среду можно описать моделями, в которых будут отражены средние характеристики пространственного распределения неоднородностей. Такие модели строятся с помощью случайных полей. Случайное поле — это обобщение понятия случайного процесса на трехмерное пространство. Модель реальной среды можно построить из двух частей — детерминированной и случайной. Детерминированная часть представляет сильно сглаженные значения скоростей, это та самая модель, которая обычно употреблялась и раньше при изучении строения, случайная часть — это следующее приближение к природе, к более полному описанию реальной Земли.

Наиболее простая случайная модель — однородное и изотропное гладкое поле, флуктуации в нем гораздо меньше средних значений. Если сделать плоский срез такого поля и построить рельеф, то получится всхолмленная равнина, на которой нет ни особенных направлений, ни определенных тенденций в изменении рельефа. Другая модель — яркие вкрапины — неоднородности, случайно рассеянные в однородном пространстве («булыжники в песке»). Эта модель обычно менее приемлема для описания реальных сред.

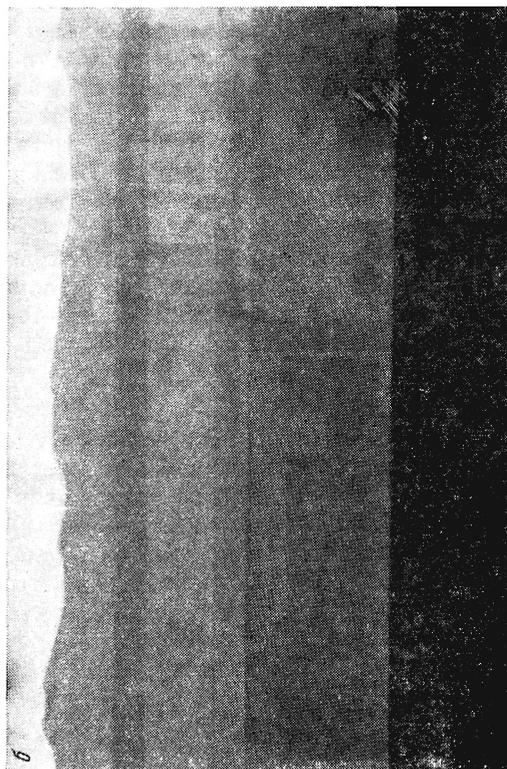
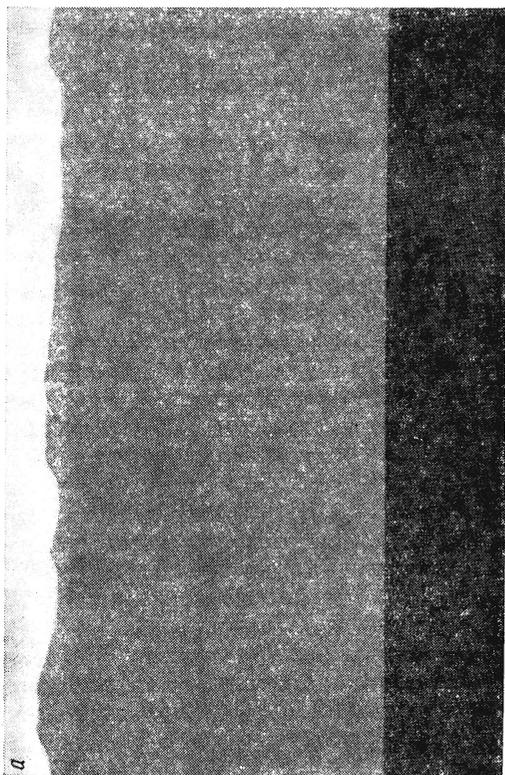
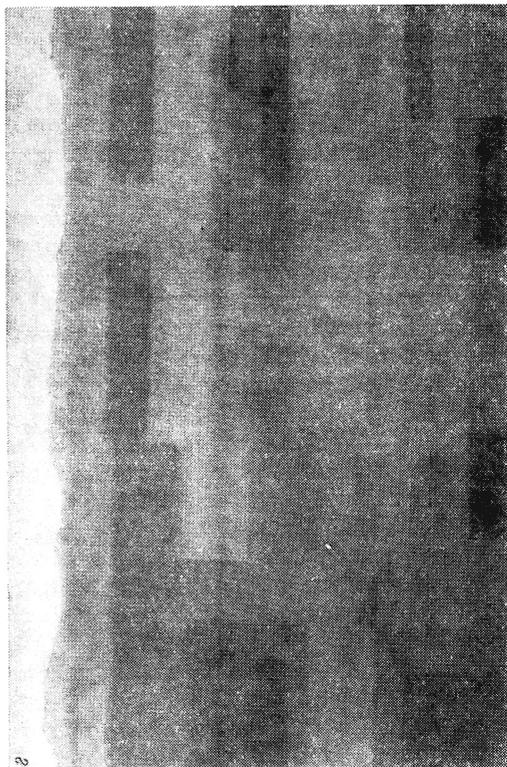
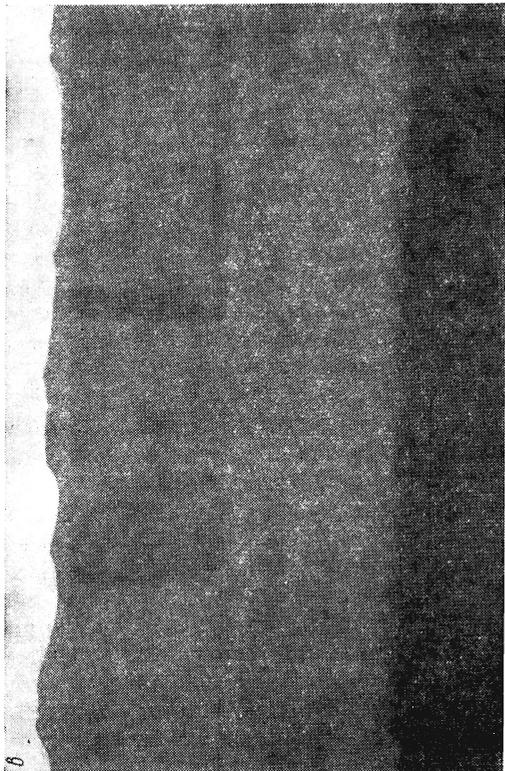
Первая модель удобна тем, что в соответствии с разделением поля скоростей сейсмических волн на детерминированную и случайную части, в сейсмограммах также можно выделить две части — детерминированную («хорошие волны») и случайную (рассеянные волны, помехи). Первая сравнительно плавно изменяется в пространстве, тогда как вторая характеризуется резкими и незакономерными флуктуациями — пространственным мерцанием.

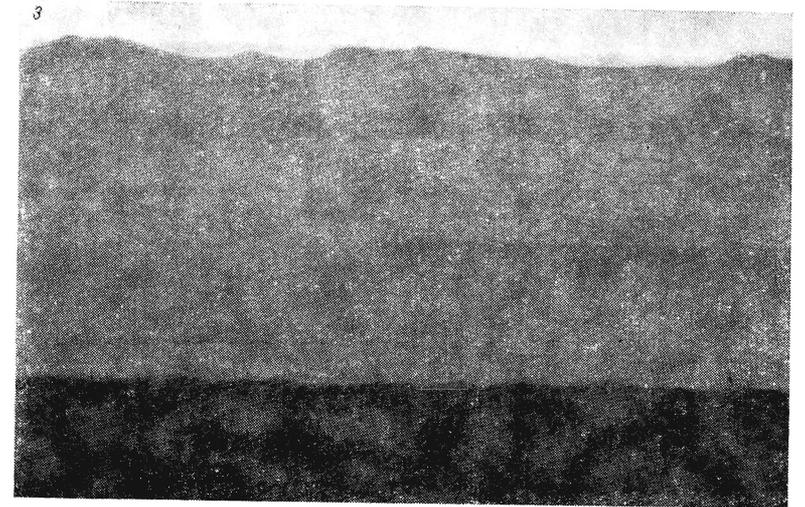
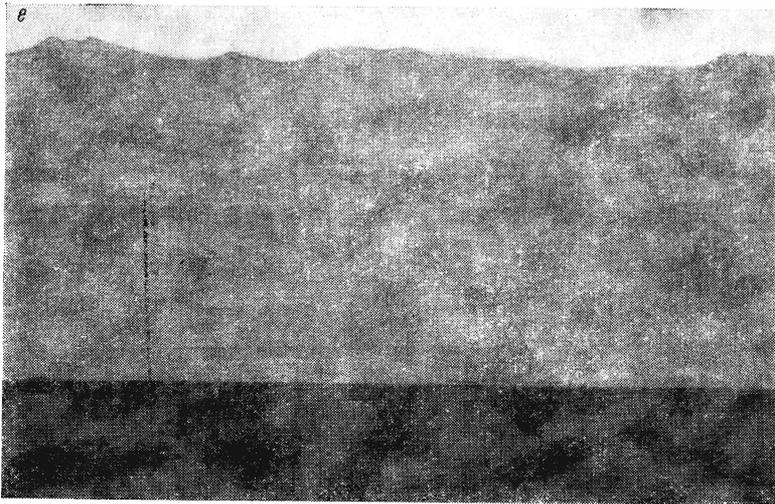
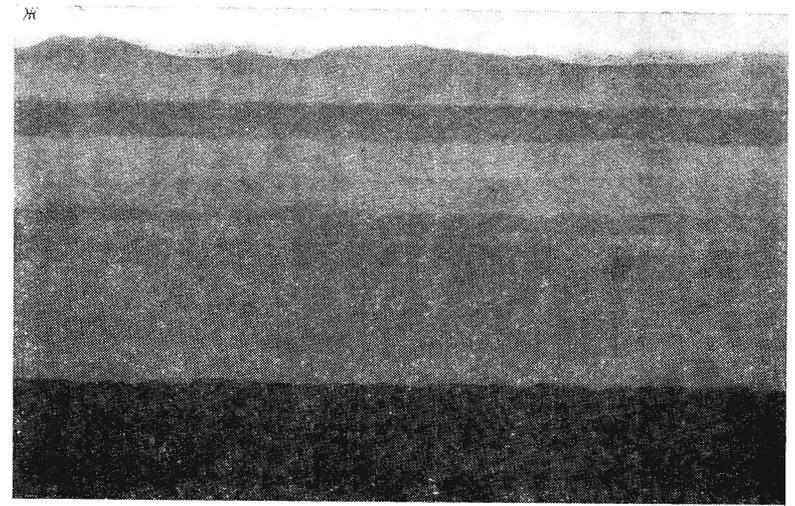
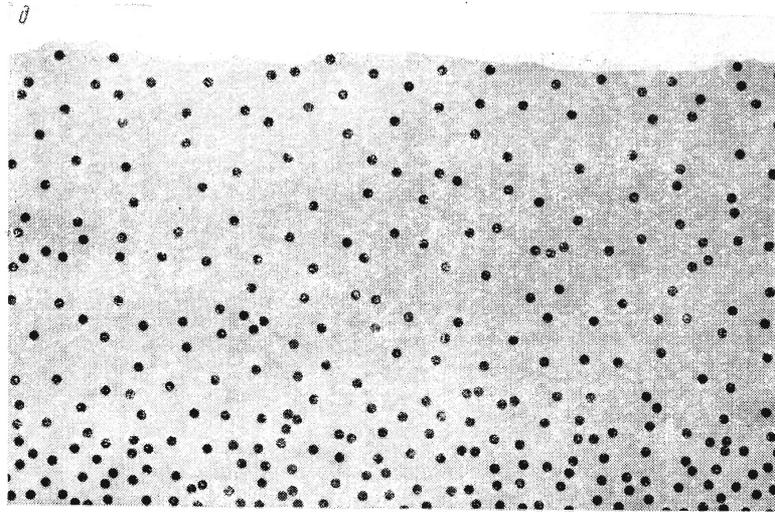
МЕРЦАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ И ВЫБОР МОДЕЛИ ЗЕМЛИ

Мерцание сейсмического источника, подобно мерцанию звезд, несет в себе информацию о неоднородности среды. Мерцание звезд, которое привлекало внимание ученых и поэтов еще во времена Аристотеля и Гомера, вызвано существованием неоднородностей показателя преломления в атмосфере. Мерцание сейсмического источника можно обнаружить, если одновременно регистрировать сейсмические волны несколькими приборами. И хотя исследованием распространения волн в средах со случайными неоднородностями занимаются свыше трехсот лет (причем особенно интенсивно в последние десятилетия), мерцание «сейсмических звезд» — источников землетрясений — до последнего времени мало интересовало даже сейсмологов. Это объясняется сложностью наблюдения за пространственными флуктуациями, недостаточным количеством сейсмических станций и очень трудоемкой обработкой наблюдений.

Упругую среду со случайными пространственными флуктуациями скоростей звуковых волн называют сейсмически мутной. Рассеяние волн на шероховатых сейсмических границах трудно отличить от рассеяния в мутной среде, поэтому реальную среду можно аппроксимировать по желанию — мутной с зеркальными границами или мутной с шероховатыми границами.

Рассмотрим методику аппроксимации среды на примере сейсмического разреза, показанного на цветном рисунке (см. вклейку к стр. 38). Этот рисунок сделан автором в итоге изучения строения земной коры на Саянах и дополнен некоторыми известными представлениями. Границы Мохоровичича и Конрада исследованы кратно отраженными продольными волнами от удаленных землетрясений, зарегистрированными одиннадцатью сейсмическими станциями. Для надежного выделения полезных сигналов применено группирование записей от разных источников (с помощью ЭВМ). Оказалось, что отражающие свойства границ значительно изменяются на сравнительно небольших расстояниях, порядка первых десятков километров; передний фронт продольной волны имеет сложную форму, изменяющуюся от землетрясения к землетрясению, даже если очаги последних расположены сравнительно неда-





РАЗЛИЧНЫЕ МОДЕЛИ ИСТИННОГО РАЗРЕЗА: *а* — однородная кора, однородная мантия, горизонтальная граница раздела; *б* — слоисто-однородная кора, однородная мантия, горизонтальные границы; *в* — скорость непрерывно изменяется с глубиной; *г* — среда из однородных кирпичей разной формы; *д* — среда из однородных шаров в случайной упаковке, погруженных в однородный цемент; *е* — мутная однородная кора и мантия, непрерывные флуктуации скоростей, зеркальная горизонтальная граница раздела; *ж* — слоисто-однородная среда с шероховатыми границами; *з* — мутная среда с непрерывными флуктуациями скоростей и шероховатыми границами

леко, и первая волна часто оказывается неодинаковой формы на записях разных станций.

Между рисунком и истинным разрезом выдержаны следующие соответствия: цветовая гамма рисунка — гамма упругих свойств реальной среды; плотность тона — величина упругих модулей. Отчетливо видна пространственная неоднородность, есть достаточно четко выраженная тенденция горизонтальной слоистости. Хорошо разделяются кора и мантия: первая представлена в теплых красно-оранжевых тонах, последняя — в холодных темно-фиолетовых. Граница Мохоровичича, более или менее четкая, располагается на глубине 45—50 км, типичной для Саян. Видна тенденция зеркального отображения поверхностного рельефа — дань изостатической гипотезе Эри (земная кора имеет всюду одинаковую плотность и плавает на жидком субстрате, поэтому под высокими горами граница Мохоровичича находится сравнительно глубоко), но это отображение довольно слабое и сглаженное — дань гипотезе Пратта (плотность коры в горных районах меньше, чем в низменных, поэтому уровень нижней границы плавающей коры почти не зависит от поверхностного рельефа). На глубине около 20 км местами намечается граница, которую можно было бы назвать разделом Конрада, если бы он ощущался более четко. В диапазоне 10—20 км, если хорошо присмотреться, можно увидеть незначительное просветление, соответствующее слою пониженной скорости — волноводу. Волновод выражен слабо и его существование может оспариваться.

Представим теперь, что на этом рисунке изображен истинный разрез среды, и опишем его несколькими моделями. Результаты показаны на рисунках *a* — *з* в черно-белом тоне с увеличенным контрастом, плотность тона соответствует скорости продольной волны. Эти рисунки представляют собой различные трактовки цветного рисунка — оригинала, выполненного в натуралистической манере: *a*, *б* и *в* — это примитивизм, *г* — кубизм, *д* — *з* — импрессионизм. Случайно распределенная неоднородность и шероховатость границ создают верное впечатление о сложности и нерегулярности пространственного распределения скорости сейсмических волн в реальной среде.

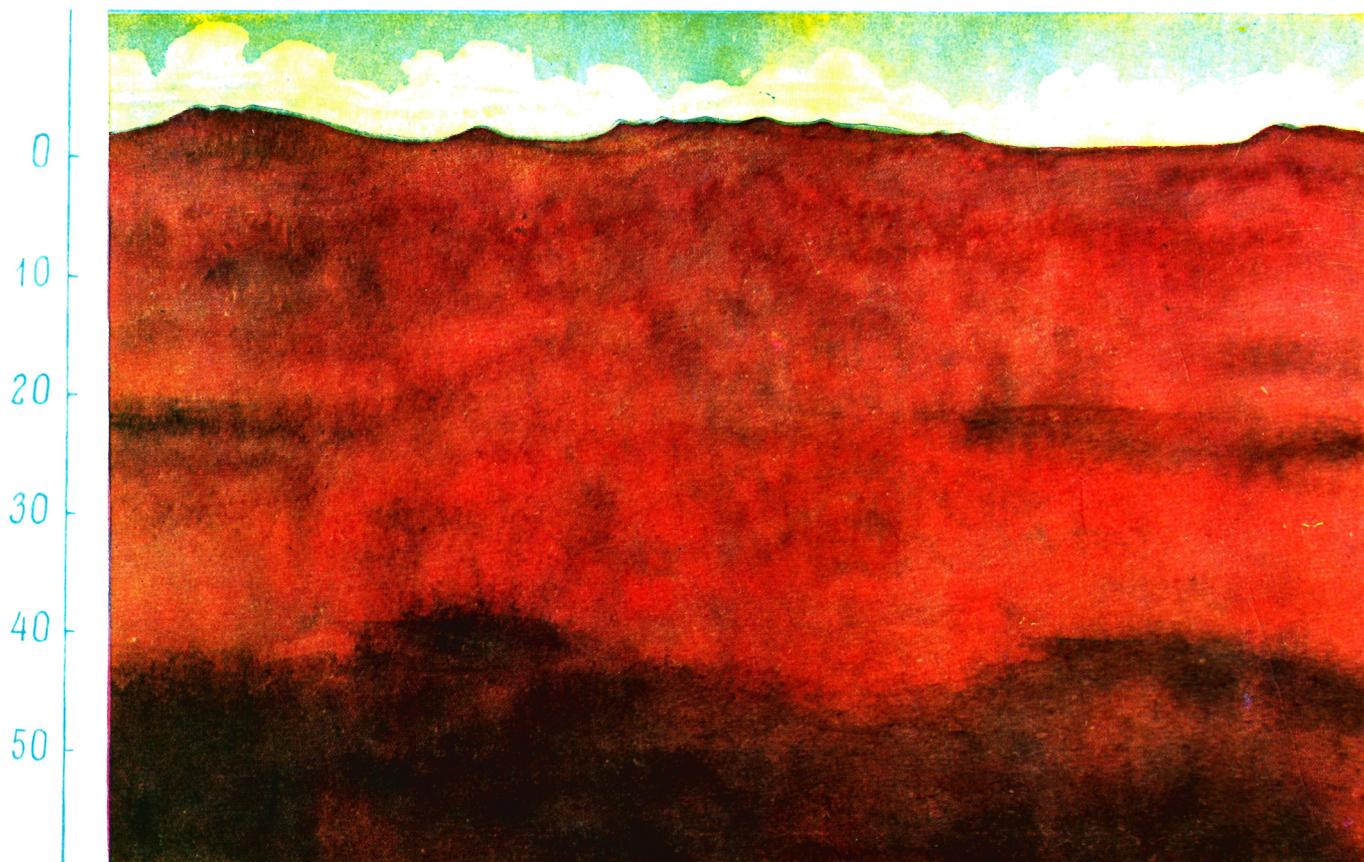
Наблюдаемая нами картина распределения скоростей существенно зависит от частотного состава сейсмических волн. Короткие волны

соответствуют высокочастотным сейсмическим колебаниям, они чутко реагируют на небольшие по масштабам флуктуации сейсмических свойств среды, поэтому колебания поверхности Земли имеют шумоподобный характер — они высокочастотны, плохо коррелированы во времени и пространстве. Извлечь из этих данных какие-либо сведения о строении Земли невозможно или почти нельзя; можно дать лишь оценку (и то грубую) нерегулярного пространственного изменения сейсмических свойств среды. Длинные волны «не замечают» мелких неоднородностей, в их свете истинная картина строения среды кажется сглаженной, мелкие неоднородности сливаются в общий фон и остаются только наиболее существенные крупномасштабные элементы. В первом случае, при исследовании среды короткими волнами, большая детальность результата достигается за счет уменьшения его достоверности, и в пределе оказывается, что мы знаем «ничто обо всем», во втором случае мы имеем дело с новой, очень упрощенной средой, получаемые нами сведения более достоверны, но в пределе, при переходе к очень длинным волнам оказывается, что мы знаем «все ни о чем». Между этими крайними лежат оптимальные случаи, определяющие рациональную методику сейсмических исследований.

Пространственное мерцание амплитуд и фаз сейсмических волн, так же как временное мерцание яркости звезд, позволяет извлечь полезную информацию о строении Земли в пределах выбранной случайно неоднородной модели. Объем этой информации ограничен, так как каждый образец поля сейсмических параметров является единственным в своем роде: ведь Земля одна, и мы не можем усреднять по образцам «случайной Земли».

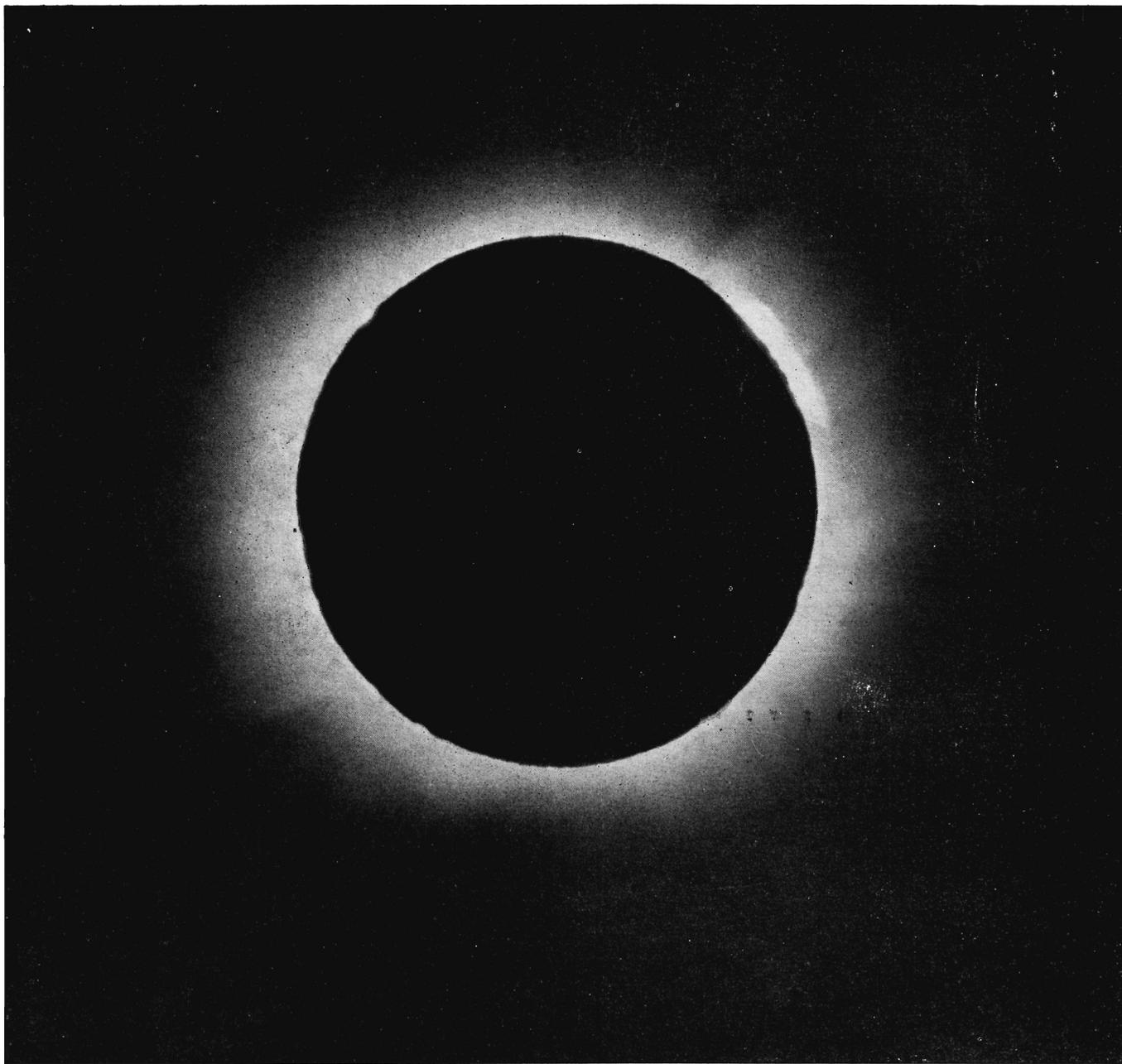
ВОЗМОЖНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМЛИ НЕ БЕСПРЕДЕЛЬНЫ

Доступный нам объем полезной информации о детерминированной составляющей поля скоростей сейсмических волн ограничен флуктуациями поля и волнами, рассеянными на этих флуктуациях. Запас сейсмической информации о внутреннем строении Земли ограничен. Не так уж далеко то время, когда основная часть информации будет добыта и сейсмический метод



СЕЙСМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ЗЕМЛИ. На этом разрезе показаны земная кора (красно-оранжевая) и мантия (темно-фиолетовая). Если изучать внутреннее строение Земли сейсмическими методами, можно «увидеть», как неоднородна реальная среда для упругих волн. (Для этого рисунка автор использовал хорошо известные представления и результаты изучения строения земной коры в Саянах)

Полное солнечное затмение 22 сентября 1968 года



Этот снимок внутренней солнечной короны и ярких протуберанцев нам прислал Б. Н. Катников, сотрудник Коуровской обсерватории Уральского университета. Б. Н. Катников сфотографировал Солнце с борта самолета (район Юргамыша, высота 4000 м). Фотография получена на камере «Зенит», объектив МТО-1000, пленка НР-27, экспозиция 1/250)

исследований окажется мало эффективным: ведь уже сегодня во многих районах закончена «добыча» границ Конрада и Мохоровичича.

Для того чтобы определить количественную характеристику случайной неоднородности среды (коэффициент мутности), надо разделить наблюдаемое поле на две компоненты, сильно и слабо коррелированные в пространстве. Способ разделения зависит от моделей случайной и детерминированной компоненты, которые выбираются на основе предварительных представлений о строении среды. Обычно каждый исследователь имеет свои собственные представления, поэтому при обработке одних и тех же экспериментальных данных несколькими лицами похожие результаты получаются далеко не всегда.

Коэффициент мутности характеризуется относительным возрастанием энергии рассеянных волн на единичном пути. Он имеет размерность км^{-1} и сильно зависит от частоты сейсмических волн. Каждое значение коэффициента мутности, соответствующее некоторой частоте, характеризует неоднородности определенных размеров, а самой зависимости коэффициента от частоты сейсмических волн соответствует определенное распределение неоднородностей по масштабу.

В настоящее время получены только ориентировочные оценки коэффициента мутности для коры и верха мантии в районе Дальнего Востока. В Тихоокеанской экспедиции Института физики Земли АН СССР в 1963—1964 гг. методом глубинного сейсмического зондирования исследована область перехода от Азиатского материка к Тихому океану. По данным профильных наблюдений сейсмических волн на море установлено, что земная кора в среднем «мутнее» верха мантии, причем при переходе от континента к океану наблюдается закономерное увеличение «прозрачности» и коры и мантии. Это означает, что новый параметр — коэффициент мутности — позволяет производить стратификацию (вертикальное разделение) и районирование (площадное разделение) Земли, причем значение коэффициента и его связь с частотой

являются информацией о величинах флуктуаций и их геометрических размерах. Эти сведения представляют существенный интерес при решении геологических и геофизических задач.

Значения коэффициента мутности, соответствующие частоте сейсмических колебаний 5 *гц*, лежат в полосе $0,0005—0,002 \text{ км}^{-1}$ для коры и $0,0002—0,001 \text{ км}^{-1}$ для первых десятков километров мантии. Значит, сейсмические волны длиной около 1 *км*, путь которых от источника к точке наблюдения составляет около 1000 *км*, едва видны на фоне волн-помех, рассеянных на неоднородностях. Этот результат выявляет один из пределов сейсмического метода исследований: волны разной длины могут быть использованы на неодинаковых удалениях от источника, предельная дальность их регистрации зависит, прежде всего, от мутности среды, а данных о мутности пока еще очень мало. Сейчас Земля — это сплошное белое пятно, или точнее — облако. Начинается эпоха «географических открытий»: составление разрезов и районирование на основе изучения нового качества — случайной неоднородности, мутности. По мере накопления новых экспериментальных данных удастся все более полно исследовать детерминированную компоненту внутреннего строения Земли, рабочая модель становится довольно изощренной, а ее параметры — точными. В интерпретацию вовлекаются сравнительно плохо коррелированные характеристики сейсмического волнового поля, а относительная энергия сейсмических волн, причислявшихся раньше к рассеянной компоненте, оказывается все меньше и меньше (но до некоторого предела!). Значит, информация о детерминированной компоненте отвоевывается у «мутности». Со временем наиболее значительные неоднородности будут закартированы, соответственно усложнится детерминированная модель и найдут объяснение те особенности сейсмограмм, которые связаны с этими неоднородностями. И чем больше мы узнаем о мутности, тем более «прозрачной» для нас окажется Земля.

Как известно нашим читателям, 22 сентября 1968 г. произошло полное солнечное затмение. Погода не помешала многочисленным экспедициям успешно выполнить программу наблюдений и, в частности, получить фотографии солнечной короны. Некоторые из этих фотографий, а также материалы о наблюдении затмения, будут опубликованы в ближайших номерах «Земли и Вселенной».



ОТ «ЛУНЫ-1» ДО «ЛУНЫ-14» (Краткая справка)

Интерес, проявляемый к Луне учеными, определяется не только тем, что она является нашей ближайшей небесной соседкой: среднее расстояние до Луны составляет 384 400 км (в перигее она даже приближается к нам до расстояния в 356 410 км; наибольшее ее удаление от Земли бывает в апогее и достигает 406 740 км). Очень важно и другое — многие параметры Луны близки к аналогичным параметрам других тел солнечной системы. Поэтому изучение ее рельефа, внутреннего строения, процессов, изменяющих ландшафт, химического и минералогического составов грунта и т. д. существенно для истории не только Луны, но и других планет и их спутников. Это естественно, ибо многие из них в ранний период развития испытывали такие явления, как соударения с крупными метеоритами и кометами, вулканизм, тектонические процессы и т. п. В этом отношении наш естественный спутник особенно интересен, поскольку у него сохранились детали рельефа, которые на протяжении большей части времени после образования не подвергались эрозии земного типа.

Партия и правительство, оценивая важность и перспективность космических исследований для современной науки, ориентировали наших ученых, конструкторов и инженеров на решение этих проблем. Уже через 15 месяцев после того как первый в мире советский искусственный спутник Земли возвестил начало космической эры, 2 января 1959 г. автоматическая станция «Луна-1» стартовала с территории СССР в направлении Луны, начав непосредственное изучение важнейших характеристик межпланетного пространства: интенсивности космических лучей вдали от магнитного поля Земли, метеоритных частиц, межпланетного магнитного поля, потоков заряженных частиц, летящих от Солнца, и других параметров. Снабженная радиокомплексом, станция имела, кроме того, устройство, образующее в заданный момент искусственную «кому» — облако газообразного натрия, доступное визуальным наблюдениям. Пройдя на расстоянии 5000—6000 км от Луны, станция, выполнив программу, вышла на орбиту вокруг Солнца и стала первой искусственной пла-

нетой. «Луна-1» передала материалы, позволившие сделать многие важные научные выводы, из которых отметим лишь два: впервые установлено отсутствие сильного магнитного поля вокруг Луны и зарегистрированы потоки ионизированной плазмы — «солнечного ветра».

Вскоре последовал первый перелет с Земли на Луну, который совершила станция «Луна-2», стартовавшая 12 сентября 1959 г. На этот раз измерения можно было проводить по всей трассе полета вплоть до самой лунной поверхности. Как и при полете «Луны-1», для визуального контроля наряду с телеметрическими комплексами использовалась искусственная натриевая «кому», излучение которой сосредоточено в узком спектральном интервале, что обеспечивает успешное применение узкополосных светофильтров. Среди других задач программа предусматривала исследования магнитных полей Земли и Луны, интенсивности космического излучения, межпланетной газовой компоненты и метеорных частиц. Выполнив программу, станция 14 сентября в 00 часов 02 минуты 24 секунды по московскому времени достигла поверхности Луны. Скорость ее в этот момент составляла 3,3 км/сек. Место прилунения — западные склоны кратера Автолик (30° с. ш. и 0° д.). Данные, переданные «Луной-2», подтвердили отсутствие сильного магнитного поля вокруг Луны, а также отсутствие у нее радиационного пояса, и уточнили структуру радиационного пояса Земли.

Новый этап глобального фотографического обследования Луны из космоса открыла станция «Луна-3», стартовавшая 4 октября 1959 г. В дополнение к ранее проводившимся исследованиям программа научных экспериментов включала фотографирование обратной стороны Луны. Сложный характер траектории предусматривал облет Луны с последующим прохождением вблизи Земли. На минимальном расстоянии от Луны (~7000 км) «Луна-3» пролетела 6 октября в 17 часов 30 минут. Фотографирование большей части невидимого лунного полушария было проведено 7 октября с 6 часов 30 минут до 7 часов 10 минут с расстояния 65 200—68 400 км. Фототелевизионная передача полу-

ченных снимков выполнялась с расстояния около 40 000 км, когда станция, облетев Луну, пролетала мимо Земли. Не попавшая в поле зрения «Луны-3» часть не видимой с Земли лунной поверхности была сфотографирована станцией «Зонд-3», запуск которой состоялся 18 июля 1965 г. Материалы, полученные с этих двух станций, позволили изучить поверхность Луны в планетарном масштабе, установить основные закономерности распределения материковых и морских областей, выявить образования нового типа, составить впервые карту обратной стороны Луны, полную карту Луны, полный глобус Луны и атлас обратной стороны Луны.

Намеченная в Советском Союзе программа изучения Луны предусматривала в дальнейшем мягкую посадку на ее поверхность контейнера с научной аппаратурой, ибо только продолжительное пребывание непосредственно на лунной поверхности комплекса измерительных приборов способно было выявить и передать на Землю важнейшие физические характеристики и особенности строения микрорельефа лунного грунта. В 1963—1965 гг. в Советском Союзе были запущены пять автоматических станций: «Луна-4», «Луна-5», «Луна-6», «Луна-7» и «Луна-8». Экспериментальная отработка всех систем, обеспечивающих мягкую посадку, завершилась.

31 января 1966 г. в сторону Луны стартовала станция «Луна-9», которая впервые совершила мягкую посадку на другое небесное тело. 3 февраля в 21 час 45 минут 30 секунд по московскому времени станция мягко опустилась на лунную поверхность на границе Океана Бурь, северо-восточнее кратера Кавальери. О триумфальном успехе советской науки и техники оповестил первый сеанс радиосвязи, который начался через 4 минуты 10 секунд после посадки. Станция закончила свою работу 7 февраля в 1 час 55 минут.

«Луна-9» передала на Землю первые панорамы лунного микрорельефа — материалы большого научного значения. На участках панорамы, ближайших к станции, различались детали размером в 1—2 мм, т. е. в миллион раз более мелкие, чем на лучших фотографиях Луны, полученных земными обсерваториями. Изучение панорам дало возможность установить, что в месте посадки и, по-видимому, вообще на Луне нет пылевого слоя. На лунной поверхности было обнаружено неожиданно много обломков породы (камни различного размера). Небольшое смещение станции, наблюдавшееся между передачами панорам, обеспечило стереоскопическое рассмотрение многих деталей рельефа. Оказалось, что многие обломки породы лежат практически на самой поверхности, погруженные в грунт всего на 1—2 см. Камни,

видимые на панорамах, не могут быть метеоритами, ибо скорость соударения последних с лунным грунтом должна превышать 2,4 км/сек, а в среднем составлять 15—20 км/сек, что неизбежно привело бы к взрыву. Следовательно, речь может идти лишь об обломках лунных пород. Как показали расчеты, при наблюдаемом положении камней на поверхности прочность лунного грунта должна быть не менее нескольких килограммов на квадратный сантиметр. За время своей работы «Луна-9» передала результаты измерений многих физических характеристик лунного грунта (альbedo лунной поверхности для космических лучей, наличие радиоактивных процессов в лунных породах и др.). Все эти данные относились к месту посадки станции.

Теперь принципиальное значение приобретало сопоставление аналогичных параметров для многих участков лунной поверхности, расположенных в различных районах обоих полушарий Луны, и качественное расширение числа изучаемых характеристик. Опыт, полученный при использовании искусственных спутников Земли, свидетельствовал, что намеченные задачи найдут оптимальное решение после создания искусственного спутника Луны. В этом случае научно-измерительная аппаратура длительное время будет находиться вблизи исследуемой поверхности. Откроются перспективы для новых широких научных исследований: изучения гравитационного и магнитного полей Луны, уточнения распределения масс в ее недрах, отождествления пород наружного покрова и т. д.

В Советском Союзе вскоре была решена еще одна из трудных проблем astronautики — создание искусственного спутника Луны. Первым таким спутником стала советская автоматическая станция «Луна-10», стартовавшая 31 марта 1966 г.

Телеметрическая информация, поступающая с борта станции, была использована для расчета коррекции ее траектории, проведенной по команде с Земли 1 апреля. Учитывалось, что в начальной части своей траектории станция проходит внутри сферы действия Земли, а на конечном отрезке — в сфере действия Луны. Как известно, сфера действия небесного тела ограничивается областью, где действие его притяжения является преобладающим. Для Луны радиус сферы действия составляет около 66 тыс. км. Внутри сферы действия Луны движение ракеты определяется преимущественно ее силой притяжения, а вне — силой притяжения Земли, поскольку сфера действия последней (по отношению к Солнцу) простирается почти на 930 тыс. км. Кстати, «Луна-1» в свое время вышла из сферы действия Земли и поэтому стала искусственной планетой, орбита которой определяется силой притя-

жения Солнца и лишь медленно изменяется под «возмущающим» притяжением планет.

Установленная на «Луна-10» измерительная аппаратура выявила, что уровень гамма-излучения материков и морей резко не различается. Концентрация таких радиоактивных элементов, как уран, торий и калий, примерно та же, что и у земных базальтов, т. е. по химическому составу многие лунные породы могут быть близки к земным базальтам. Важные данные были получены о «солнечном ветре» и плотности метеорных частиц в окололунном пространстве, инфракрасном излучении лунной поверхности и особенностях ее гравитационного поля. Магнитные измерения не обнаружили заметных эффектов при прохождении станции через магнитный шлейф Земли. Не найдена также зависимость магнитной напряженности от расстояния до Луны. По-видимому, у Луны нет собственного магнитного поля. Эти, а также другие материалы, переданные «Луной-10», подтвердили исключительную эффективность использования искусственного спутника для исследования Луны и окололунного пространства.

Следующая станция — «Луна-11», стартовавшая 24 августа 1966 г., вышла на окололунную орбиту 27 августа. В ее программу, кроме ранее проводившихся наблюдений, было включено изучение длинноволнового космического радиоизлучения. Изменены были также параметры орбиты. Станция «Луна-12», запущенная в сторону Луны 22 октября 1966 г., вышла на окололунную орбиту 25 октября. Программа ее была дополнена фотографированием с близкого расстояния избранных участков лунной поверхности. На основе переданных станцией данных уточнены сведения о гамма-излучении морей и материков, о плотности микрометеоров и длинноволновом космическом радиоизлучении. Наряду с расширением исследований Луны с помощью искус-

ственных спутников было продолжено изучение физических характеристик лунного грунта непосредственными измерениями с помощью автоматической станции «Луна-13», которая 24 декабря 1966 г. совершила мягкую посадку вблизи западной границы Океана Бурь, недалеко от кратера Скиапарелли. И опять программа наблюдений была значительно дополнена. Наряду с панорамами нового места посадки были переданы данные измерения различных параметров, в том числе плотности грунта и его эффективной температуры.

7 апреля 1968 г. в Советском Союзе стартовала новая автоматическая станция «Луна-14». После трех с лишним суток полета, в течение которых с ней поддерживалась регулярная связь и была проведена коррекция траектории ее движения, 10 апреля в 22 часа 25 минут по московскому времени была включена двигательная установка, уменьшившая скорость станции с 2190 м/сек до 1279 м/сек. Так «Луна-14» была переведена на селеноцентрическую орбиту и стала очередным искусственным спутником Луны, продолжившим исследования, начатые впервые в истории науки советскими автоматическими станциями серии «Луна».

Детальный анализ всех материалов, переданных станцией «Луна-14», значительно расширит наши знания о самой Луне, окружающем ее космическом пространстве и особенностях двойной планеты Земля—Луна.

Изучение Луны и межпланетного пространства все расширяется. Запуск станции «Луна-14» и другие эксперименты дают основание советским людям с законной гордостью отметить приоритет и огромную роль отечественной науки и техники в современных космических исследованиях.

«Вестник Академии наук СССР», 6, 1968.

ЧТО ТАКОЕ «СВЕТАЩИЕСЯ ЧАСТИЦЫ»?

Впервые «светящиеся частицы» увидел во время своего полета американский космонавт Дж. Гленн (1962 г.).

В дальнейшем это явление неоднократно наблюдали советские и американские космонавты. М. С. Карпенгер отметил, что при ударе рукой по обшивке корабля вблизи иллюминатора в поле зрения появилось целое облако светящихся частиц. Наблюдения,

проведенные В. М. Комаровым и К. П. Феоктистовым на космическом корабле «Восход», позволили установить, что надежной характеристикой частиц можно считать лишь их блеск и удаление.

Яркость частиц от 2^{м,0} до 0^{м,0}, их цвет — белый, а при заходе в тень ИСЗ — серый. Частицы (их одновременно бывает от нескольких одиночных до сотен) воспринимаются как точечные, слегка искрящиеся источники света, удаленные от корабля на

расстояние от 0,5 до 3 м. Скорость частиц относительно корабля — от дециметров до метров в секунду. В большинстве случаев частицы перемещаются в сторону, противоположную направлению полета космического корабля.

Зная блеск частицы и ее удаление от наблюдателя, можно оценить радиус частицы $5 \cdot 10^{-4}$ — $5 \cdot 10^{-3}$ см. На самом деле частицы, для которых характерно «искрение», не должны быть шаблонными.

Одинаковое направление движения большинства частиц можно объяснить тем, что основное влияние на движение частицы (на высотах, где производились наблюдения) оказывает аэродинамическая сила. В некоторых случаях наблюдалось криволинейное движение частиц. На начальном этапе существования частицы это можно объяснить, по мнению К. П. Феоктистова, действием на частицу двух сил, одна из которых направлена по нормали к поверхности спутника (например, электрическая) и убывает по мере удаления частицы от поверхности, а другая (аэродинамическая) имеет практически постоянную величину на коротком интервале времени.

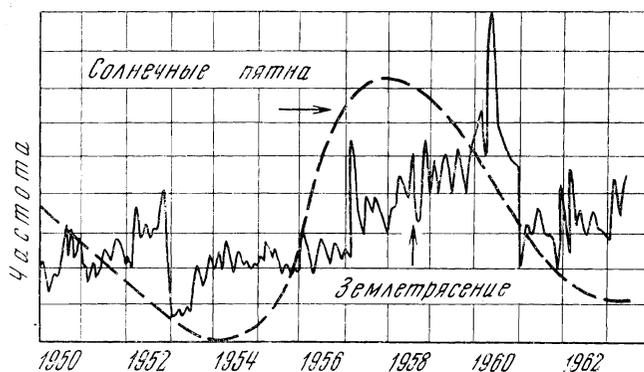
Высказывались различные предположения о природе частиц. Их, например, рассматривали как результат разрушения краски, покрывавшей корабль; объясняли соударением метеорных частиц с обшивкой корабля; считали, что «свещающиеся частицы» являются обычными пылинками, покрывающими поверхность ИСЗ еще перед стартом. Окончательный вывод о происхождении «свещающихся частиц», по-видимому, будет сделан лишь после дополнительных наблюдений и специальных экспериментов, но уже сейчас можно считать установленным, что источником частиц является поверхность космического корабля (за исключением случая, когда частицы наблюдались во время работы тормозного двигателя).

«Космические исследования», VI, 3, 1968.



СОЛНЦЕ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Исследования, проведенные американским геофизиком Дж. Ф. Симпсоном, показали, что существует статистическая связь между солнечной активностью и частотой возникновения землетрясений. Солнце, конечно, не может непосредственно вызывать землетрясения, так как прямое влияние солнечной вспышки на



внутренние напряжения в земной коре незначительно. Однако солнечная вспышка, вообще говоря, может играть роль детонатора сейсмических толчков в тех районах, где земная кора находится в неустойчивом состоянии («Earth and Planetary Science Letters», 3, 1968, 418).

Дж. Симпсон проанализировал данные о 22 000 землетрясений, которые происходили с 1950 по 1963 г., и сопоставил частоту возникновения этих сейсмических толчков с тремя факторами, характеризующими солнечную активность: с числом солнечных пятен, с потоком солнечного радиационного излучения на частоте 2800 мкц и с вариациями геомагнитного индекса.

В расчетах по месяцам оказалось, что землетрясения возникают чаще всего на исходе одиннадцатилетнего цикла солнечной активности. В этот же период геомагнитный индекс имеет наибольшую среднегодовую величину. Особенно сейсмичными были 1951—1952 и 1960 гг. Если, например, день за днем сопоставлять число землетрясений и число солнечных пятен, то получим подобную же корреляцию. На диаграмме видно, что частота возникновения землетрясений зависит больше от темпа колебаний солнечной активности, чем от фактического уровня ее. Как известно, максимальное число сильных солнечных вспышек наблюдается в тот период, когда общий уровень солнечной активности идет на убыль, и именно в это время происходит больше всего землетрясений.

Дж. Симпсон предлагает несколько возможных механизмов взаимосвязи событий на Солнце с движениями земной коры. Прежде всего, магнитогидро-

динамическое взаимодействие полей Солнца и Земли может привести к небольшому изменению скорости вращения Земли. И действительно, мощную солнечную вспышку 15 июля 1959 г. считают возможной причиной внезапного увеличения на 0,85 миллисекунды длительности дня 21 июля. Количество землетрясений в этот день тоже было особенно большим, хотя подобное совпадение, возможно, и случайно. Солнечная радиация способна также влиять на угловой момент Земли через изменения в движении атмосферных масс.

С теоретической точки зрения любой из этих эффектов может привести к появлению дополнительных напряжений в земной коре. Тенденция земного шара приспособлять свою форму к различной скорости вращения тоже будет способствовать возникновению напряжений.

В земной коре всегда присутствуют токи, изменяющиеся на протяжении суток. Дж. Симпсон полагает, что дополнительные токи, вызванные солнечной активностью, могут в достаточной степени воздействовать на горные породы и приводить к детонации землетрясений.

Американский геофизик утверждает, что если число солнечных пятен достигает 150, то вероятность возникновения землетрясений приблизительно на 31% выше, чем когда число солнечных пятен составляет 50, а если разница в числе солнечных пятен по сравнению с предыдущим днем равняется ± 20 , то вероятность возникновения землетрясений приблизительно на 26% выше, чем когда такого резкого перепада нет».

В. И. СКУРЛАТОВ

Происхождение складчатости

В. Н. Ш О Л П О
кандидат геолого-минералогических наук

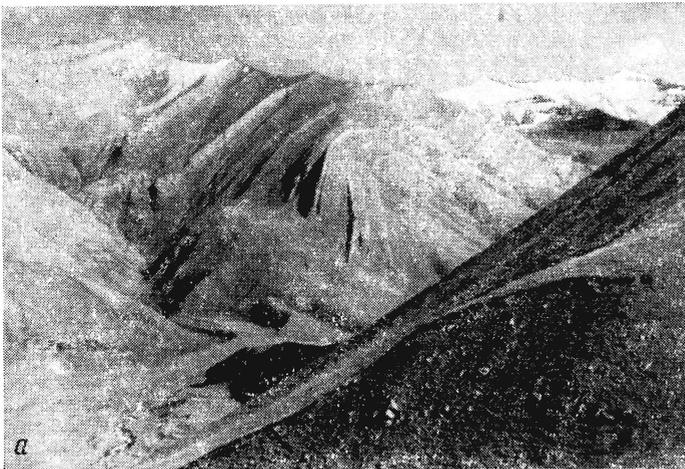
Проблема образования складчатости всегда была одной из самых острых и спорных в теоретической геологии. Сейчас, когда на повестке дня — всесторонние исследования процессов в глубоких недрах Земли: земной коре и верхней мантии, — эта проблема приобретает особую актуальность. Если по вопросу формирования отдельных типов и разновидностей складок ученые пришли к единому мнению, то общие причины, порождающие складчатость, остаются предметом дискуссий.

МЕСТО СКЛАДОК В ЗЕМНОЙ КОРЕ

С тех пор как геологи научились распознавать складки, высказываются самые раз-

личные предположения о способе или механизме их образования.

Что же такое складки? Складки — изгибы пластов осадочных горных пород — распро-



СКЛАДКИ В ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ: *a* — коробчатая антиклиналь в песчано-сланцевых породах. Участки пологого залегания пластов на сводах антиклиналей или в днищах синклиналей чередуются с крутыми падениями на крыльях складок; *b* — серия килевидных наклонных складок в глинисто-карбонатных отложениях. Здесь уже нет участков горизонтального залегания. Углы падения на крыльях становятся круче, перегиб в замке делается острым, складки приобретают килевидный облик

странены почти повсеместно, хотя и крайне неравномерно, в пределах континентов. В горных областях слоистые пачки осадочных пород, которыми сложена верхняя часть земной коры, почти всегда смяты в серии складок, очень разнообразных по форме и размерам. Согласно геологической терминологии, подчеркивающей внутреннее строение или структуру какого-либо участка земной коры, именно горные страны (Кавказ, Урал, горные цепи Средней Азии) чаще всего относятся к складчатым областям. На обширных пространствах равнин (Русская равнина, Западно-Сибирская низменность) пласты осадочных пород большей частью сохраняют горизонтальное положение. Но и здесь есть участки, где первоначальное положение пластов нарушено, и они образуют изгибы, обычно гораздо более простые, чем наблюдающиеся в складчатых областях. Под осадочным чехлом равнин залегает фундамент, сложенный смятыми в складки метаморфическими и магматическими породами, причем складки эти необычайно сложны.

ГИПОТЕЗЫ О ПРОИСХОЖДЕНИИ СКЛАДЧАТОСТИ

В природе исследователь может наблюдать складки как конечный результат процесса деформации горных пород (в сущности, складки являются остаточной деформацией, запечатленной в породах). По облику складок ему надо установить причины, вызвавшие деформацию, и восстановить весь ход процесса. При этом остаются почти или совсем неизвестными многие важнейшие факторы, имеющие большое влияние на ход и результаты процесса деформации (величина, характер и направление действовавших сил, продолжительность процесса складкообразования, физические свойства подвергающегося деформации вещества). Достаточно очевидно, что до деформации свойства пород были существенно иными, чем те, которые наблюдаются сейчас. Однако дать им сколько-нибудь определенную оценку очень трудно.

Законы, установленные в соответствующих разделах физики и касающиеся деформаций в различных идеальных теоретических условиях, оказываются трудно применимыми к геологическим объектам: большая

часть параметров, входящих в уравнения деформации, не известна. Поэтому геологам приходится прибегать к качественным построениям. Естественно, что отсутствие строгих доказательств порождает споры, особенно в вопросе о направлении первичных сил, вызывающих складчатость. По тому, как решается этот вопрос, все гипотезы о происхождении складчатости делятся на две большие группы. Представители одной группы считают первичными вертикальные силы. Еще Дж. Геттон (1726—1797) объяснял возникновение изгибов в слоях ростом поднятий на поверхности Земли: первоначально направленная вверх сила в сочетании с силой тяжести и сопротивлением пород создает те условия, в которых образуется складчатость. Дальнейшее развитие и обоснование эта идея получила в работах европейских ученых Л. фон Буха, В. Штудера, О. Амферера, Э. Хаармана, ван Бермелена и советских геологов М. М. Тетяева и В. В. Белоусова.

Ученые другой группы считают первичными горизонтальные силы сжатия, действующие вдоль поверхности Земли. Эти представления основываются на контракционной гипотезе, разработанной французским геологом Эли де Бомоном (1798—1834). Согласно этой гипотезе, Земля охлаждается и сжимается, верхняя ее оболочка оказывается слишком просторной для продолжающегося сжиматься ядра; поэтому она коробится и спинается в складки. Наиболее подробно процессы складкообразования с позиций гипотезы контракции рассмотрены немецким геологом А. Геймом на примере Альп. В конце прошлого и в начале нашего века эти представления развивались многими известными европейскими и американскими геологами, в том числе М. Бертраном, Б. Виллисом, Э. Арганом, Г. Штилле, Л. Кобером. И сейчас, хотя большинство геологов отвергли гипотезу контракции, известны попытки возродить ее в несколько обновленном виде (П. Н. Крпоткин).

Для разрешения спора о направлении первичных сил, вызывающих деформацию пород, приводят доводы общего характера о геологическом развитии всей Земли, геофизические данные о свойствах вещества внутри планеты, ее тепловом потоке и т. д. Однако мы рассмотрим только тот материал, который имеет отношение к механизму складкообразования.

СПОР МОЖНО РЕШИТЬ, ИЗУЧАЯ СТРОЕНИЕ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Познакомимся с тем, как устроена какая-нибудь конкретная складчатая область, например, Кавказ.

При рассмотрении поперечных профилей через Большой Кавказ и соседние с ним области прежде всего обнаруживается неравномерность в расположении складок. Есть участки спокойного пологого залегания пластов, но в некоторых местах наблюдается интенсивная мелкая складчатость с очень крутыми углами падения. В смене различных типов складок можно заметить определенные закономерности, а именно: наиболее сложные складчатые формы в центральной части складчатой области; по мере удаления от нее складки постепенно упрощаются, залегание пластов становится более пологим и, наконец, горизонтальным. Отметим еще одну особенность, также отчетливо видную на этом профиле. В центральной части области, т. е. именно там, где деформация пород максимальна, на поверхность выходят самые древние слои осадочных пород, которые перекрываются все более и более молодыми при удалении к окраинам складчатой области. Таким образом, горное поднятие Большого Кавказа представляет собой в первом приближении одну гигантскую анти-

клинальную складку*, осложненную большим количеством более мелких складок. Такая структура называется **антиклинорием** или **мегантиклинорием**.

Эти особенности присущи не только Большому Кавказу, такое же строение наблюдается и во многих других складчатых областях. Наибольшая интенсивность деформаций в осевой части поднятия и выход на поверхность самых древних пород (с теми или иными отличиями в деталях) характерны для большинства складчатых областей.

Посмотрим теперь, с какой из гипотез о причинах формирования складок лучше согласуются изложенные данные: с гипотезой о ведущем значении вертикальных сил или же с гипотезой о приоритете сил горизонтальных. Разумеется, очень заманчиво было бы считать, что все изгибы пластов вызваны горизонтально направленными сжимающими силами (кажется, что таким способом легче всего получить изгибы слоистой пачки). Тогда всю складчатую область надо рассматривать как участок земной коры, сжатый более жесткими окружающими его областями.

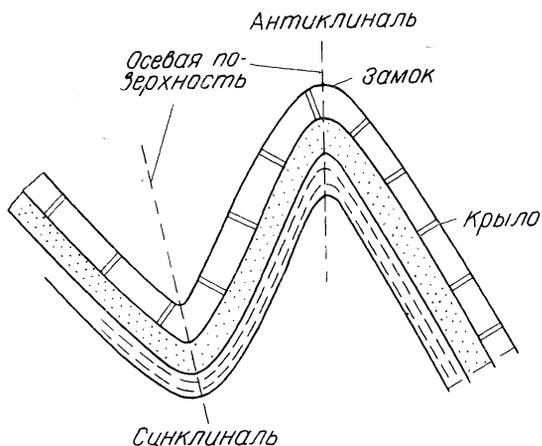
Однако факты противоречат такому предположению. Если бы дело обстояло таким образом, то по краям складчатой области, т. е. возле жестких упоров, должна была бы на-

* Антиклинально называется складка с изгибом слоев, обращенным выпуклостью вверх, синклинально — складка с изгибом выпуклостью вниз.

ЮЗ



СТРУКТУРНЫЙ ПРОФИЛЬ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА. По мере продвижения от северных предгорий Кавказа к водораздельной части хребта складчатые формы постепенно усложняются. На севере, в районе Предкавказской равнины, Терского и Сунженского хребтов, пласты горизонтально лежат на широких пространствах и только местами осложнены крутыми узкими антиклинальными складками. Южнее — в Дагестане — пласты образуют сначала широкие коробчатые складки; в



ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ складок

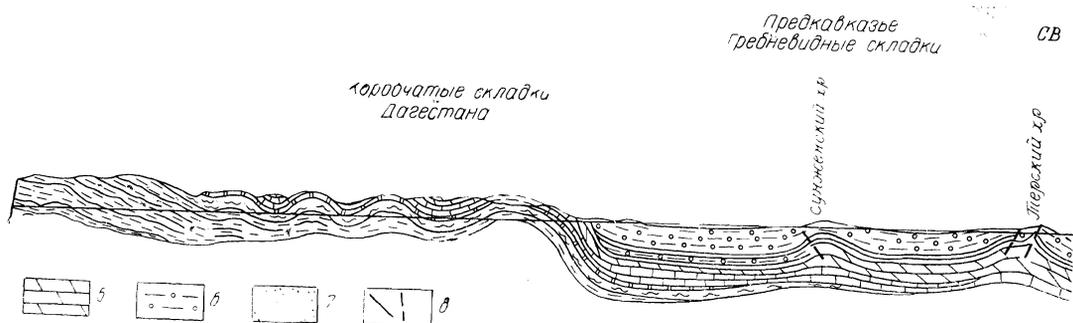
блюдаться максимальная деформация пород, а значит, и наиболее интенсивная складчатость. В природе же, как мы видели, существуют обратные соотношения. Это заставляет полагать, что причиной деформации пород в складчатой области являются силы, приложенные к ней не извне, со стороны, а возникающие внутри нее самой, и скорее всего — те же самые, которые приводят к поднятию и образованию горной страны.

Помимо этого, в ряде деталей строения отдельных складок с очевидностью обнаруживается непосредственное воздействие вертикальных деформирующих сил. Так, для килевидных и изоклиналиных складок, разви-

тых в осевой зоне мегантиклинория, характерно увеличение мощности пластов в замках по сравнению с крыльями складок. Чаще всего эти складки сложены глинистыми породами, которые здесь приобретают характерную структуру. Они расслаиваются на тончайшие пластинки по направлениям, пересекающим первоначальную «осадочную» слоистость и обычно параллельны осевым поверхностям складок. Это явление носит название «кливаж». Таким образом, в целом крупные складки, осложненные кливажем, можно относить к складкам скалывания, происходящего в вертикальном или близком к нему направлении. При этом увеличение мощности пластов в замках и относительное уменьшение ее на крыльях очень часто происходят за счет неравномерности микродвигов: опережение одних участков — замков антиклиналей, и отставание других — замков синклиналей.

РАЗВИТИЕ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Однако данные только об облике складок и распределение разных их типов внутри складчатой области не могут служить исчерпывающим доказательством действия вертикальных сил. Необходимо попытаться восстановить ход всего процесса и понять, что приводит к образованию поднятия в центре складчатой области и вызывает разные деформации пород в разных ее частях. В геологии существуют методы анализа, позволяющие восстановить последовательные стадии геологического развития терри-



водораздельной части хребта форма складок становится наиболее сложной — это килевидные и изоклиналиные складки.

Условные обозначения: 1 — отложения нижнего юрского периода; 2 — отложения среднего юрского периода; 3 — отложения верхнего юрского периода; 4 — меловые отложения; 5 — палеогеновые отложения; 6 — неогеновые отложения; 7 — четвертичные отложения; 8 — разрывы

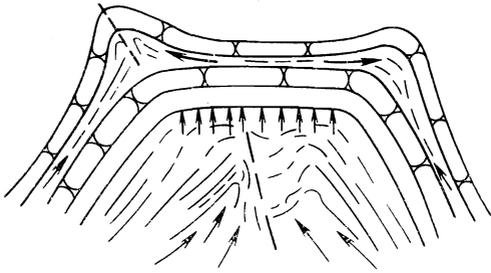


СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ коробчатой антиклинальной складки. В коробчатых антиклиналях заметно раздавливание пород на горизонтальном своде складки. На отдельных блоках более жестких и хрупких пластов песчаников и известняков наблюдаются вертикальные и перпендикулярные к пласту трещины, часто отодвинутые друг от друга; материал же более пластичных и мягких пород выдавливается со свода и скапливается в местах перегиба от свода к крылу, где образуются мелкие килевидные антиклинали — «уши». Во внутренней части коробчатой складки (сложенной обычно мощной пачкой жестких массивных пластов) в более пластичных породах нередко можно наблюдать мелкие интенсивные складки

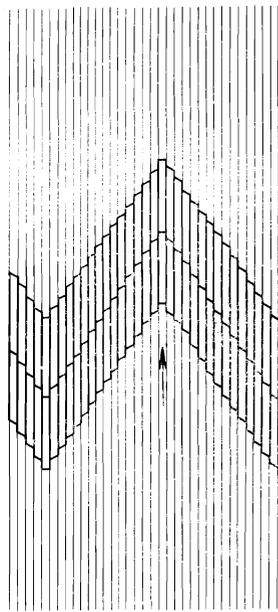
тории. Для этого надо суммировать и обобщить все данные о вещественном составе и мощности всех осадочных образований, распространенных на интересующей нас площади. Результаты такого обобщения обычно представляются в виде карт, на которых можно показать условия накопления осадков в прошлые геологические эпохи: конфигурацию и глубину морских бассейнов; места, где располагалась суша; размыв, который давал обломочный материал для накапливавшихся осадков и т. д. Серия таких последовательных палеокарт дает возможность проследить смену геологических и тектонических условий во времени, позволяет установить изменения режима вертикальных движений в рассматриваемом участке земной коры.

Рассмотрим вновь Кавказ. Кавказ принадлежит к складчатым горным областям, сформировавшимся в самом последнем, может быть даже еще незакончившемся, цикле тектонического развития Земли — альпийском. На ранней стадии этого цикла — в юрское время — на месте Большого Кавказа существовал узкий морской бассейн, дно которого в центральной части интенсивно прогибалось, что привело к накоплению мощной толщи (около 7 км) осадочных по-

род, главным образом, глинистого состава. По прошествии нескольких десятков миллионов лет режим движения земной коры коренным образом изменился.

В конце юрского периода на месте наибольшего прогибания возникло поднятие, которое сначала было относительным, — это была более мелкая часть морского бассейна или цепь островов. Единый прежде прогиб разделился на две части. В них продолжалось накопление осадков, вещественный состав которых изменился. В основном это были известняки и песчаники, а в мелководьях по окраинам моря — угленосные толщ. Некоторое время происходила борьба противоположно направленных тенденций — поднятия и прогибания: в отдельные моменты вновь возникшие острова скрывались под водой, однако относительное поднятие в осевой части прогиба сохранялось. Наконец, начался бурный рост поднятия, центром которого по-прежнему оставалась осевая зона первоначального прогиба. Море постепенно отступало, на его месте сформировалась горная страна, причем осевая зона ее располагается как раз там, где некогда наблюдалось максимальное прогибание.

Такая схема развития — смена интенсив-



ОБРАЗОВАНИЕ СКАДКИ СКАЛЫВАНИЯ. Поверхности скалывания — кливажи — параллельны осевой плоскости складок. Микроскопические исследования показывают, что по кливажу нередко происходят сдвиги вещества горных пород

ного прогибания мощным поднятием и образованием горной страны — характерна для многих складчатых областей (по крайней мере альпийского возраста) и называется **геосинклинальной**. Каждая складчатая область проходит геосинклинальный путь развития.

Очевидно, складчатость возникает на каком-то этапе жизни геосинклинали. Процесс прогибания приводит к накоплению осадочных отложений и образованию слоистых толщ. Несмотря на то, что мощность их в осевой части прогиба бывает очень значительной, углы наклонов морского дна здесь невелики. Во всяком случае, они недостаточны для того, чтобы осадки могли соскальзывать вниз по склонам и деформироваться. Начало поднятия приводит к деформации пород. Одновременно образуются и складки. В период бурного роста поднятия наблюдается и интенсивная деформация пород, и формирование складок в их современном виде. Есть много геологических данных, которые с очевидностью доказывают, что процессы поднятия и деформации пород происходят одновременно. Стало быть, именно действия вертикальных сил приводят к образованию складчатости.

СВЯЗЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ С ХАРАКТЕРОМ СКЛАДОК

Сделаем следующий шаг на пути к выяснению условий формирования складчатости и связи этого процесса с развитием поднятия. Размах вертикальных движений, или их амплитуда, поддается измерению. Суммарная амплитуда поднятия какого-либо участка земной коры складывается из амплитуд наиболее низкого положения этого участка в период прогибания и его современного положения в рельефе. Разные участки складчатой области испытали в период геосинклинального развития различные по своему размаху колебания. Сопоставление суммарной амплитуды поднятия за альпийский цикл с морфологией и интенсивностью складчатости показывает, что между ними существует линейная зависимость. В тех местах, где наблюдается наиболее интенсивная, наиболее сложная складчатость, оказывается максимальной и амплитуда поднятия. В осевой части мегантиклинория Большого Кавказа, где развиты узкие, тесно сжа-

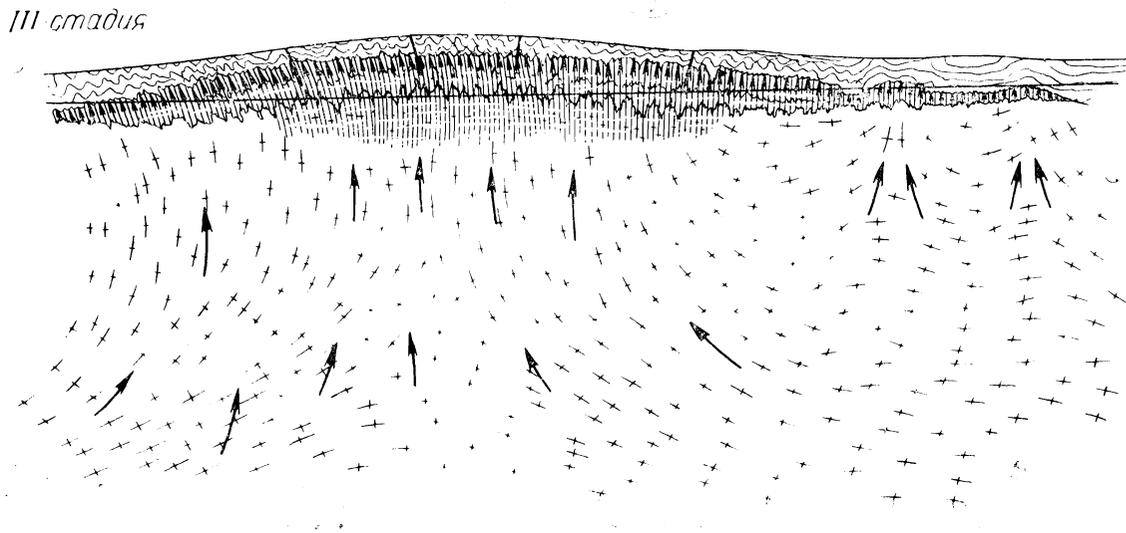
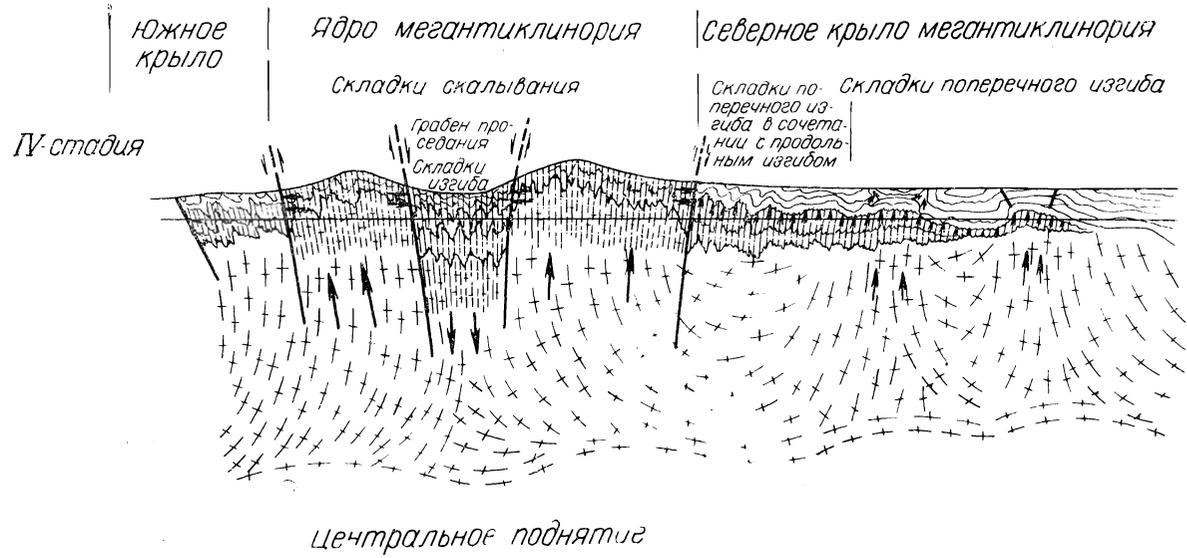
тые килевидные складки, амплитуда поднятия достигает наибольших значений — свыше 8 км. К окраинам складчатой области, как мы видели, складчатые формы упрощаются, интенсивность деформации ослабевает, и в этих же направлениях уменьшается суммарный размах вертикальных движений. Это еще одно свидетельство в пользу того, что процессы складкообразования и развития вертикальных движений тесно связаны не только во времени, но и в пространстве.

ОБЩАЯ КАРТИНА РАЗВИТИЯ СКЛАДОК В ГЕОСИНКЛИНАЛИ

Попытаемся представить процесс деформации горных пород на общем фоне развития геосинклинали, хотя это будет область уже более или менее вероятных предположений.

Допустим, что на ранней стадии развития геосинклинали, когда прогибания достигают максимальных размеров, нижняя часть накапливающейся толщи осадков оказывается опущенной на значительные глубины. На Кавказе эта глубина не превышает 7—8 км, в других геосинклинальных областях она достигает 10—12 км. В подобных условиях создаются давление и температура, значительно превышающие те, что мы наблюдаем на земной поверхности. В осадках начинаются сложные физико-химические превращения. По-видимому, не уплотнившийся окончательно осадочный материал увеличивает свой объем, насыщаясь жидкими и газообразными компонентами из глубин земной коры. В глубоко погруженной части геосинклинали образуется некоторое количество более легкого, чем в вышележащих породах, вещества. Такие условия не могут быть устойчивыми. «Пузырь» легкого вещества по мере разогревания поднимается вверх и, деформируясь, вызывает деформацию окружающих пород. Этот процесс всплывания легкого вещества воспринимается как начало поднятия в геосинклинальном прогибе и называется **инверсией тектонического режима**.

Исходя из такой схемы, можно считать, что сложные интенсивные складки осевой части складчатой области образовались в результате выхода на поверхность активизированного на глубинах вещества, а кливажные поверхности следует рассматривать как запечатленные потоки стремившегося вверх

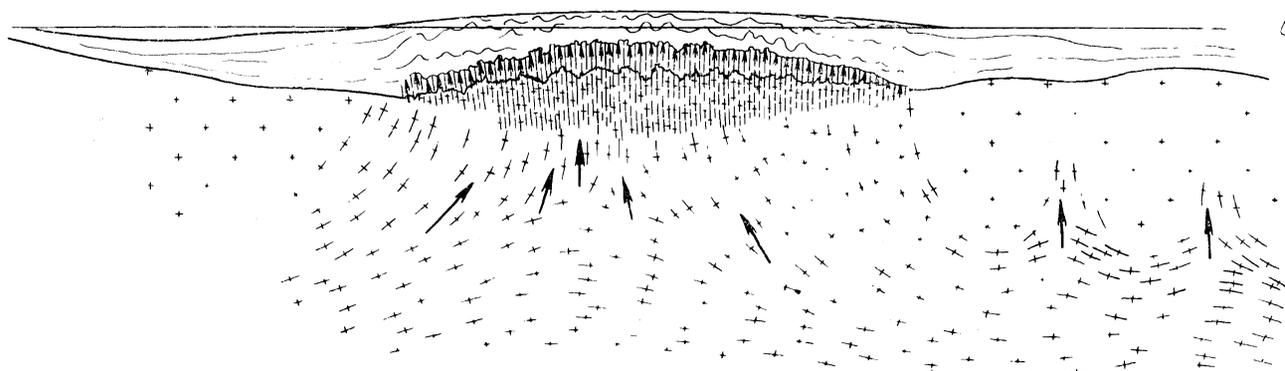


II-стадия
геотектони-
ческого ре-
жима

Интрагеосинклиналь

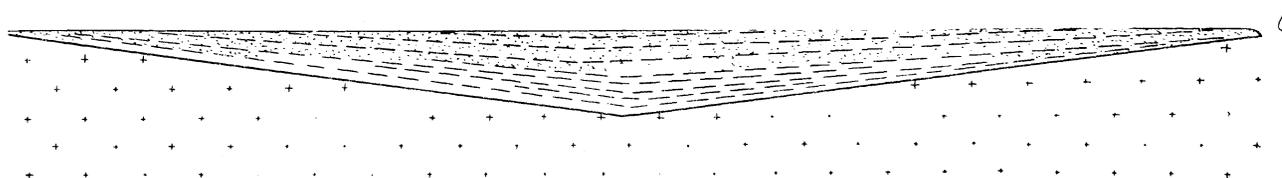
Центральное поднятие

Интрагеосинклиналь



I-стадия

Геосинклинальный прогиб



- Доальпийский фундамент
- 1 Кристаллический
 - 2 „Активизированный“
 - 3 Нижний этаж деформации
 - 4 Верхний этаж деформации
 - 5 Доинверсионные осевые отложения
 - 6 Разрывы
 - 7 направление движения

СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ СКЛАДЧАТОСТИ В ГЕОСИНКЛИНАЛИ: I стадия — конец доинверсионного прогибания; II стадия — частная инверсия геотектонического режима; III стадия — общая инверсия; IV стадия — современное строение

материала. Более простые и спокойные изгибы, сменяющие интенсивные складки по направлению к окраинам складчатой области, образуются в результате неравномерного вертикального давления снизу активных поднимающихся масс. Эти складки являются как бы пассивной деформацией слоистых толщ, вызванной той же причиной, которая формирует складчатость в осевой зоне геосинклинали. По мере удаления от центра поднятия деформация пород постепенно затухает, поскольку активизированные массы оказываются на все большей глубине.

Предложенная схема развития геосинклинали и образования деформаций в горных породах не бесспорна: многое в ней требует проверки, доказательств и дальнейших исследований. Однако на современном уровне наших знаний о складчатости имеющиеся фактические данные не противоречат ей и находят логичное объяснение.

ПРОБЛЕМА СКЛАДКООБРАЗОВАНИЯ — АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА НЕ ТОЛЬКО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ, НО И ПРАКТИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Для того чтобы решить вопросы, связанные с механизмом складкообразования, необходимо привлечь новые, более совершенные методы исследования, которые позволили бы перейти от качественных сопоставлений и умозрительных заключений к количественной характеристике и расчетам. Чрезвычайно перспективными представляются методы и приемы математической статистики и теории вероятности. Эти матема-

тические дисциплины приспособлены для описания и исследования сложных процессов, протекающих в условиях комплексного воздействия многих факторов. Однако возникают немалые трудности, связанные, прежде всего, с тем, что нужно научиться количественно описывать первичные фактические данные. К понятиям, которые в проблеме складкообразования в первую очередь требуют количественной оценки, относятся **интенсивность складчатости** или **сложность формы складок**. В ближайшем будущем человечеству придется искать полезные ископаемые в глубоких недрах Земли, недоступных непосредственному наблюдению. Поэтому вопросы строения глубоких зон — земной коры и верхней мантии — приобретают огромную важность. При этом необходимо будет не только знать строение глубинных слоев, но и понимать сущность происходящих в них процессов. Решение вопроса складкообразования, как мы видели, тесно связано с пониманием этих глубинных процессов.

Любые гипотезы образования складчатости вынуждены привлекать для ее объяснения более общие явления развития земной коры. Изучение складчатости и решение вопросов о способе и механизме формирования складок помогут лучше понять сущность этих процессов, и в первую очередь, конечно, в областях, где развиты складки. Но именно складчатые области наиболее богаты месторождениями полезных ископаемых. Можно не сомневаться, что здесь, на больших глубинах будут сделаны многие важные открытия залежей природных богатств. Следовательно, происхождение складчатости — это не только теоретическая, но и важная практическая проблема.

СОВЕУЕМ ПРОЧИТАТЬ

ЕЩЕ ОДНА КНИГА О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

«Итак, перед нами книга не о современной сейсмологии, а книга о землетрясениях, старых и современных. Описание сил природы, а не силы человеческого ума, стремящегося обуздать их. Что же, такой подход правилен. Живость языка Тазиева, его острая наблюдательность, большая честность ученого и челове-

ка делают книгу, при всех ее недочетах, незаурядным явлением в популярной литературе. А там, где Тазиев гневно обрушивается на бюрократизм и стремление к наживе, стоящие на пути у потока помощи пострадавшим от землетрясения, где он едко осуждает шумиху и спекуляции, подменяющие истинно необходимые населению меры, — там Тазиев выступает как близкий нам по духу гуманист, видящий в печальных последствиях землетрясения не только слепую силу природы.

но и социальное несовершенство общества.

Можно надеяться, что предлагаемая вниманию читателя новая книга Гаруна Тазиева увлечет его, заставит задуматься над большой проблемой изучения непокоренных сил Земли, над сложными взаимоотношениями природы и человеческого общества».

Эти слова из предисловия Н. В. Шебалина к книге Г. Тазиева «Когда земля дрожит» («Мир», 1968 г.) достаточно полно характеризуют ее.

Проблема автоматизации океанографических наблюдений

Д. М. Ф И Л И П П О В
кандидат географических наук

Советские экспедиционные океанографические суда проводят разнообразные исследования в морях и океанах земного шара, на всех широтах от берегов Антарктиды до вечных льдов Северного Ледовитого океана.

Из каждого рейса корабли возвращаются с новыми результатами наблюдений, «массив» которых непрерывно растет. Как ускорить процесс обработки этих данных, как рационально их использовать? — вот о чем думают сейчас океанографы.

Маршрут любой морской экспедиции намечается на берегу еще задолго до выхода корабля в море. За одну экспедицию судно может пересечь несколько природных зон: умеренные широты, тропики и т. д. — это так называемый широтный разрез. Иногда судно покрывает несколькими галсами сравнительно небольшой по площади район моря или океана — это площадная съемка.

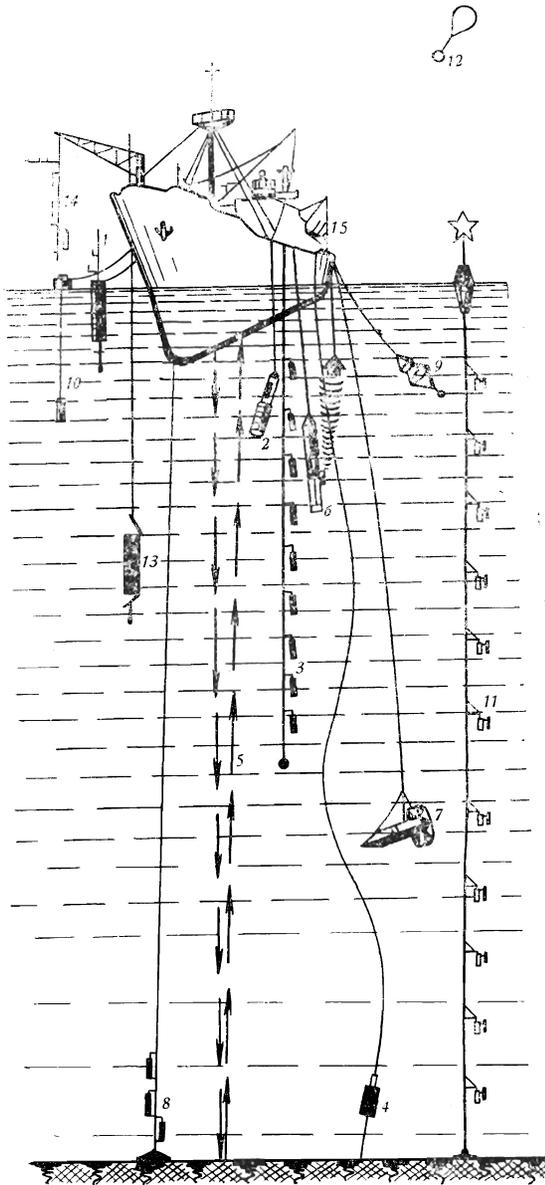
Если бы читатель увидел карту с нанесенным на ней маршрутом экспедиции, она напомнила бы ему схему железных дорог. На ней тоже есть станции — гидрологические станции. В этих точках экспедиционное судно останавливается, т. е. ложится в дрейф или становится на якорь. Сотрудники многочисленных лабораторий приступают к проведению обширного комплекса наблюдений за характеристиками водных масс на разных глубинах, за течениями, фито- и зоопланктоном; проводят метеорологические, гидрохимические, геологические и другие исследования.

Безусловно, все многочисленные приборы не могут быть опущены за борт одновременно. Сотрудникам не хватило бы в таком случае ни места на палубе, ни лебедок.

В действительности все работы выполняются в строгой последовательности, и их успешное завершение во многом зависит от искусства начальника экспедиции. Деятельность всех лабораторий на гидрологической станции должна быть спланирована так, чтобы в минимальные сроки на ограниченном числе специальных лебедок (без запутывания тросов и потери приборов) провести высококачественные измерения.

Работы ведутся и на переходах между станциями. Существующая океанографическая аппаратура и датчики позволяют на ходу судна проводить обширный комплекс наблюдений: изучение рельефа дна; магнитные и гравиметрические измерения; сейсмоакустическое профилирование пород, подстилающих дно океана; измерение радиоактивности воды; попутные метеорологические наблюдения и т. д.

Однако далеко не все датчики позволяют наблюдателям сразу же в момент измерения представить распределение полученной гидрофизической характеристики по вертикали или во времени. Как правило, подняв приборы на борт, исследователь сначала убеждается в том, что тот или иной датчик «сработал» нормально, и лишь проделав ручную



ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ. Плавающая градиентная мачта (1) служит для измерения скорости ветра, влажности и температуры воздуха в тонком приводном слое. Батитермограф (2) регистрирует распределение температуры воды в слое от 0 до 200 м. Для измерения температуры воды на различных глубинах и взятия с этих глубин проб воды на гидрохимический анализ используется серия батометров (3). Пробы грунта со дна океана берутся с помощью грунтовой трубки (4). Измерения глубин производится эхолотом (5), который излучает ультразвуковые волны и принимает их отражение от дна. Поляриметр-яркометр (6) измеряет яркость, степень поляризации и пространственное распределение дневного света в воде. Для определения интенсивности распространения различных свойств и примесей над океанским дном буксируется турбулиметр (7). Измерение скорости течения у дна осуществляется донной градиентной установкой (8). Планктонная сеть (9) используется для отлова биомассы. Волнограф ГМ-16 (10) предназначен для измерения параметров морских волн. На автономном буйе установлены самописцы (11), которые служат для регистрации скорости и направления течений. Скорость ветра, атмосферное давление, температура и влажность воздуха на различных высотах измеряются с помощью радиозонда (12). Батометр объемом 200 л (13) используется для анализа радиоактивности воды. Судовая градиентная мачта (14) предназначена для измерения градиентов скорости ветра и влажности воздуха. Радиотеодолит «Малахит» (15) определяет скорость и направление движения радиозондов

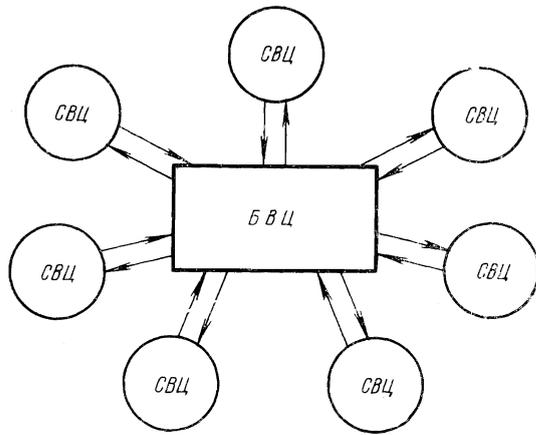
утомительную камеральную обработку, он переходит от отсчетов датчика к истинным значениям измеренной характеристики (например, температуры воды на разных глубинах по отсчетам ртутных термометров или скорости и направлению течения по цифрам буквопечатающих вертушек).

Правда, есть датчики, показания которых сразу же автоматически записываются на ленте потенциометра или осциллографа,

установленных на борту судна. Такие датчики обычно опускают на кабеле до сравнительно небольших глубин, но и в этом случае информация с ленты потенциометра не может быть введена непосредственно в электронную цифровую вычислительную машину (ЭЦВМ) для дальнейшей обработки в береговом центре.

У океанографов, естественно, возник вопрос: а можно ли автоматически обрабатывать

а)



б)

Судовой
вычислительный
центр (СВЦ)

Береговой
вычислительный
центр (БВЦ)

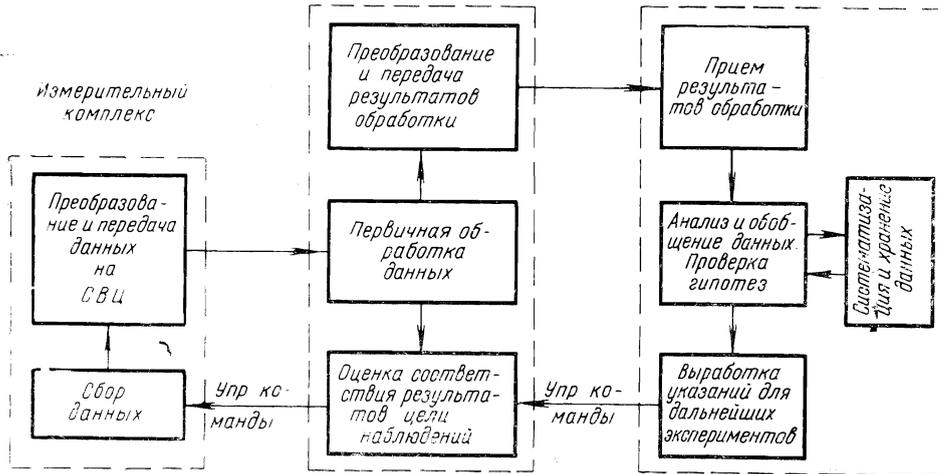


СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ берегового вычислительного центра (БВЦ) с судовой вычислительными центрами (СВЦ). По радиоканалам связи на БВЦ по той или иной программе поступают первичные, выборочные и обобщенные результаты наблюдений за гидрофизическими параметрами. Отсюда управляющие команды по ведению комплексных экспедиционных исследований передаются на научно-исследовательские суда (а).

Автоматизированная информационная система сбора, обработки и хранения информации о физическом состоянии океана (АИС) (б)

результаты измерений на борту корабля, как это успешно делается на искусственных спутниках Земли?

В Морском гидрофизическом институте Академии наук УССР совместно с украинским Институтом кибернетики разработана

и внедряется на научно-исследовательском судне «Михаил Ломоносов» корабельная автоматическая система сбора гидрофизических данных. Она состоит из зондового и бортового устройств и канала связи (одножильного кабель-троса). Система последователь-

но измеряет и передает на борт судна шестнадцать гидрофизических параметров с разных глубин. Зондовое устройство содержит блоки первичных датчиков с преобразователями аналоговой измеряемой величины в 14-разрядный двоичный код, блок преобразования параллельного кода в последовательный и выходной согласующий блок. Здесь принято временное разделение каналов, т. е. показания каждого преобразователя передаются последовательно в определенные моменты времени. Время опроса всех преобразователей — одна секунда. Бортовая аппаратура позволяет наблюдателю видеть результаты измерений, фиксировать их на магнитной ленте и вводить информацию с магнитной ленты или непосредственно от датчиков в электронную цифровую вычислительную машину «Днепр».

В будущем предполагается усовершенствовать корабельную автоматическую систему, т. е. превратить ее в систему с обратной связью. Тогда информация будет вводиться в судовую ЭЦВМ не только для ее первичной обработки, но и для автоматической оценки результатов измерений и для выработки управляющих команд по проведению дальнейших работ.

Одновременно разрабатывается автоматизированная информационная система сбора, обработки и хранения информации о физическом состоянии океана (АИС). Это, конечно, более высокая ступень по сравнению с корабельной автоматической системой, которая по существу является составной частью АИС.

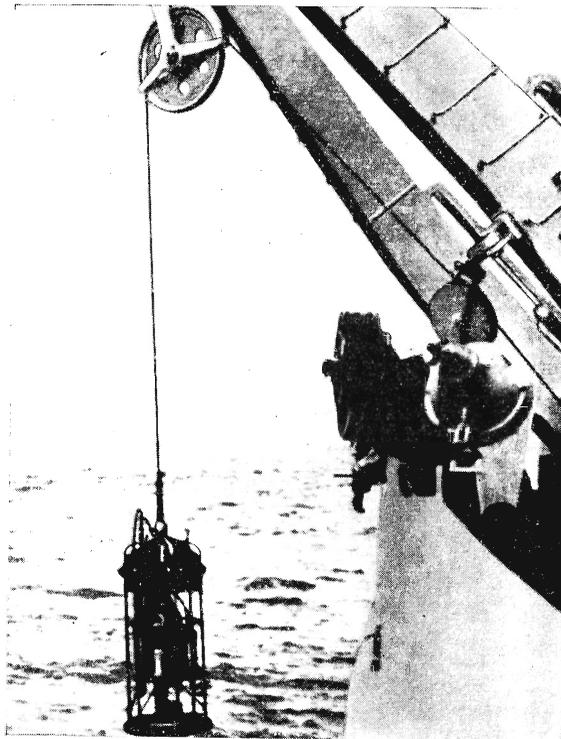
Автоматизированная информационная система имеет четыре основных узла:

измерительные комплексы (корабельные автоматические системы; сеть активно перемещающихся, дрейфующих и заякоренных буев с датчиками, поставленных в данном районе океана временно или постоянно; комплекс приборов для зондирования атмосферы и т. д.);

системы преобразования и передачи результатов наблюдений в судовые вычислительные центры;

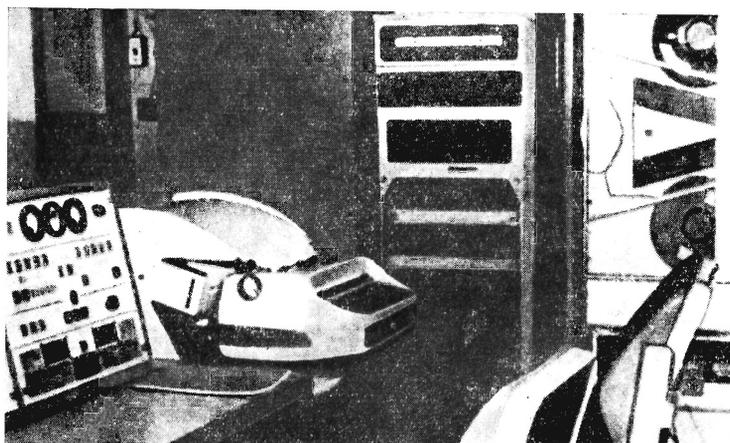
судовые вычислительные центры (СВЦ);
береговой вычислительный центр (БВЦ),
оборудованный мощной универсальной ЭЦВМ.

На первых порах автоматизации наблюдений судовые вычислительные центры, оборудованные средними и большими универ-



ЗОНДОВОЕ УСТРОЙСТВО корабельной автоматической системы, установленной на американском экспедиционном судне «Сайлас Бент». Блок датчиков, подвешенный на кабель-тросе, включает в себя датчики давления (глубины), температуры, электропроводности (солености), скорости звука и освещенности. Максимальная глубина погружения блока датчиков — 6100 м

сальными ЭЦВМ, будут создаваться, по-видимому, на самых крупных экспедиционных судах СССР, выполняющих большой комплекс исследований по гидрологии, метеорологии, ракетному зондированию, сейсмоакустике, геологии, биологии, оптике, непрерывному промеру и т. д. Здесь судовые ЭЦВМ, помимо решения задач из области чисто океанографической, должны использоваться для автоматического управления судовыми механизмами, для объективного ведения вахтенного и машинного журналов, для решения ряда навигационных задач (выбор оптимального курса, определение и регистрация места судна путем счисления и по светилам, маневрирование при постановке и поиске буев, непрерывное определение остойчивости судна и т. д.), для обработки результатов ракет-



БОРТОВАЯ АППАРАТУРА корабельной автоматической системы судна «Сайлас Бент». Слева виден пульт управления, рядом с ним — печатающее устройство, а в глубине, справа — шкаф с магнитной лентой. По результатам измерений получают графики изменения гидрофизических параметров с глубиной (по мере опускания блока датчиков). На ходу судна производится также автоматическое заполнение вахтенного журнала

ного зондирования атмосферы, сейсмоакустического профилирования, батиметрической, магнитной и прочей информации, получаемой на ходу судна.

С экономической точки зрения установка универсальной ЭЦВМ на судне будет целесообразна только при ее комплексном использовании. На научно-исследовательских судах среднего и малого тоннажа в настоящее время, по-видимому, следует устанавливать специализированные вычислительные машины типа «Океан», сконструированной и построенной сотрудниками Института океанологии и Вычислительного центра Академии наук СССР. Применение специализированной машины ограничивает комплекс программ, по которым гидрофизическая информация могла бы обрабатываться в СВЦ. Поэтому необходимо разработать устройство, которое могло бы непосредственно или через буферную связь вводить информацию от датчиков корабельной автоматической системы в специализированную вычислительную машину. Такие машины уже установлены на некоторых промышленных предприятиях.

Предполагается разработать корабельный вариант машины «Океан», которая будет защищена от воздействия морского воздуха при повышенных влажности и температуре. Объем машины без внешних устройств не превысит $0,3 \text{ м}^3$, а потребление мощности от сети переменного тока составит 300 ватт . Машина должна устойчиво работать при колебаниях в сети переменного тока, достигающих 30% . Результаты расчетов и первичные данные бу-

дут выводиться на потенциометры и перфоленту.

Корабельные автоматические системы без судовых электронных вычислительных машин, вероятно, целесообразно устанавливать на судах, которые выполняют наблюдения только на ходу. В этом случае разнообразные датчики или буксируются за кораблем, или укреплены на его корпусе. Комплекс измерений, выполняемых на этих судах, включает батиметрию, магнитные и гравиметрические измерения, сейсмоакустическое профилирование, измерение радиоактивности, температуры, течений и других океанологических характеристик в поверхностном слое океана, метеорологические наблюдения и т. д.

Корабельные автоматические системы сейчас устанавливаются и на некоторых зарубежных экспедиционных судах.

Кроме экспедиционных работ в морях и океанах проводятся наблюдения на прибрежных и островных морских станциях и обсерваториях. Большой объем информации о состоянии океанов поступает с метеорологических спутников, самолетов. Ведутся наблюдения с рыболовных, торговых и пассажирских судов. Несмотря на некоторые успехи потребуются еще длительное время и много совместных усилий океанографов и специалистов в области морского приборостроения, связи и электронной техники, чтобы разработать и внедрить в жизнь автоматизированную систему сбора, обработки и распространения всей океанографической информации в глобальном масштабе.



Эйна́р Герцшпру́нг

Доктор К. СТРАНД

Если бы потребовалось перечислить несколько астрономов, которые своей работой или влиянием на своих коллег и учеников наиболее способствовали прогрессу звездной астрономии в течение первой половины нашего века, то одним из первых следовало бы назвать датского астронома Эйнара Герцшпрунга. Его работа носила чрезвычайно разносторонний характер. Она включала исследования в области фотографии, фотометрии, цвета звезд, эффективных длин волн, абсолютных звездных величин, собственных движений звезд, их лучевых скоростей, звездных параллаксов, переменных и двойных звезд, звездных скоплений и определения расстояния до Малого Магелланова Облака.

Герцшпрунг родился во Фредериксберге, вблизи Копенгагена, 8 октября 1873 г. Его отец Северин Герцшпрунг имел степень магистра астрономии в Копенгагенском университете. Оставив астрономию, он перешел в Министерство финансов и в еще довольно мо-

лодом возрасте стал директором Государственной страховой компании. Но интерес к астрономии и математике пробудился у сына. Герцшпрунг рассказывал, как он еще мальчиком, лежа на полу, рассматривал карту звездного неба, которую его отец повесил в одном из окон комнаты. Каждая звезда была изображена булавочным проколом, размер которого указывал на ее звездную величину.

Исходя из материальных соображений, отец не желал, чтобы сын посвятил себя астрономии, и Эйна́р Герцшпру́нг решил стать инженером-химиком. Он увлекся химией под влиянием небольшой книжки знаменитого датского химика Юлиуса Томсена. В 1898 г. Герцшпрунг окончил Копенгагенский политехнический институт и последующие несколько лет работал в качестве химика в Петербурге, а затем в 1901 г. уехал в Лейпциг изучать фотохимию под руководством профессора Оствальда. После возвращения в Данию, в том же году он начал серьезно изу-

Автор этой статьи, написанной специально для нашего журнала, доктор К. Странд является с 1963 г. научным директором Морской обсерватории США в Вашингтоне. Получив до войны образование в Дании и Голландии, он работал в 1938—1942 гг. младшим научным сотрудником обсерватории Спрул (США), участвовал во второй мировой войне, а после войны был профессором астрономии в Чикагском и Северо-западном университетах и директором Дирборнской

обсерватории. В 1958 г. доктор К. Странд перешел в Морскую обсерваторию. Труды доктора Странда относятся к исследованию движения и расстояния звезд, астрометрическому изучению двойных звезд, звездных скоплений и невидимых компонентов в двойных звездах. Ему принадлежит идея уникального астрометрического рефлектора, в настоящее время работающего на Флагстафской станции Морской обсерватории. Доктор Странд трижды посещал Советский Союз.



ЭЙНАР ГЕРЦШПРУНГ (1873—1967)

чать астрономию и несколько лет выполнял различные фотографические наблюдения на телескопах университета и обсерватории «Урания» в Копенгагене. В это время началась его переписка с знаменитым немецким астрономом Карлом Шварцшильдом, который в 1909 г. пригласил Герцшпрунга навестить его в Геттингене.

Шварцшильд, оценив необычайные способности Герцшпрунга к астрономии («Герцшпрунг думает все время, я же — только эпизодически»), уже через несколько месяцев определил его на должность профессора университета. Когда Шварцшильду в том же году было предложено место директора Астрофизической обсерватории в Потсдаме, он принял этот пост с условием, что вместе с ним в качестве наблюдателя последует Герцшпрунг. Сотрудничество двух крупных астрономов было весьма непродолжительным, так как в начале первой мировой войны Шварцшильд ушел на военную службу, а в 1916 г. умер от тяжелой болезни.

Утратив близкого друга и коллегу, Герцшпрунг в 1919 г. оставил Германию и стал помощником директора Лейденской обсерватории, а затем (после смерти Виллема де Ситтера в 1935 г.) — ее директором. Выйдя в отставку, в 1944 г. он вернулся в Данию и поселился рядом с новой Университетской обсерваторией в Брорфельде, в небольшом городе Толозе, где до конца жизни активно занимался астрономическими исследованиями.

Первые профессиональные астрономические работы Герцшпрунга появились в 1905 и 1907 гг. в немецком журнале по научной фотографии. Названные «Zur Strahlung der Sterne» («Об излучении звезд»), эти статьи содержат открытие последовательностей гигантов и карликов, основанное на анализе того факта, что среди звезд с температурой Солнца и более низкой существуют два класса звезд, сильно отличающихся по светимости.

«Диаграмма Герцшпрунга — Рессела» развилась из этого открытия и стала важным

краеугольным камнем астрономических исследований, связанных с эволюцией звезд. Когда в августе 1958 г. в Москве собрался Международный астрономический союз, этому предмету был посвящен специальный симпозиум. Герцшпрунг имел с собой вариант этой диаграммы еще в то время, когда он приехал в Геттинген в 1909 г. Однако она не стала общеизвестной до тех пор, пока американский астроном Г. Н. Рессел не представил ее в своей, основанной на его собственных исследованиях, лекции о гигантах и карликах на конференции Королевского астрономического общества в 1913 г.

В тех же статьях Герцшпрунг поставил вопрос, можно ли в спектрах звезд, кажущихся почти идентичными, найти определенные характерные линии, которые зависели бы от светимости звезд? При изучении собственных движений звезд со спектрами, классифицированными мисс Мори в Гарварде, ему удалось показать, что те звезды, в спектрах которых мисс Мори нашла исключительно широкие и глубокие линии поглощения (ее критерий «с»), обладают большей светимостью, чем остальные. Это открытие явилось обоснованием измерений светимости по спектру — метод, который позже под названием «метода спектральных параллаксов» стал одним из наиболее мощных способов определения звездных расстояний. Эти статьи замечательны не только названными открытиями, но и многими другими новыми идеями. Фактически статьи уже тогда показали, как широко охватят астрономию исследования, проводимые Герцшпрунгом.

Герцшпрунг был вдохновенным учителем. Он работал без устали и, казалось, всегда спешил, но несмотря на это он находил время для решения научных вопросов, поставленных ассистентами и студентами. Он был общительней и доступней, чем большинство профессоров тех лет. Он работал, не считаясь со временем, и своей трудоспособностью заражал студентов астрофизического отделения Лейденской обсерватории: в любое время дня и ночи кто-нибудь всегда был на работе. Изучив астрономию без чьей-либо помощи, он предпочитал не формальные лекции, а неофициальные дискуссии со студентами. Его лекции были очень поучительны, но особенно он воодушевлялся во время дискуссий, которые часто происходили глубокой ночью. Тогда он ходил со своими учениками-ассистентами по обсерватории, обсуждая возникшие проблемы.

К их работе он относился столь же критически, как и к своей собственной. Он хотел, чтобы студенты учились мыслить самостоятельно, а потому всегда избегал давать им конкретные решения, критикуя взамен этого их работы.

Он никогда не обязывал студентов или ассистентов выполнять работу по какой-либо из его собственных тем, и казалось, что сам он развлекался, когда выполнял скучную рутинную работу, которая в дальнейшем неизбежно вливалась во многие главные направления его исследований.

Герцшпрунг всегда подчеркивал, как важно тщательно планировать и выполнять наблюдательные программы и с какой осторожностью надо извлекать выводы из эмпирических данных. Он часто отмечал, что мы многим обязаны предыдущим поколениям астрономов, на наблюдениях которых зиждется значительная часть наших знаний, и что мы можем оплатить этот долг только усердной наблюдательной работой.

Мое знакомство с Герцшпрунгом началось в 1931 г. Я только что получил степень магистра в Копенгагенском университете и был назначен в штат Королевского геодезического института. Директором института был математик, а в прошлом астроном, Н. Э. Норлунд — близкий друг Герцшпрунга. Именно от него Герцшпрунг услышал обо мне, и так как он всегда стремился к знакомству с молодыми астрономами, он сам пришел ко мне домой и представился.

Два года спустя я перешел на работу в Лейден в качестве его ассистента и в течение следующих пяти лет имел редкую приятную возможность не только работать с ним в тесном контакте, но и жить в его доме. Не считая вечернего кино, которое мы неизменно посещали раз в неделю, практически все 24 часа в сутки нас занимала астрономия. Мое участие в его программе фотографирования двойных звезд в Лейдене, а позднее постановка мною аналогичной работы в США поддерживали наш тесный контакт в течение многих лет.

Последний визит в США по случаю устроенной в его честь конференции он сделал в возрасте 91 года во Флагстафф в Аризоне в июне 1964 г. После возвращения в Данию его спросили, не было ли путешествие слишком утомительным. Как всегда с юмором он ответил: «Ничего подобного. Все, что от меня требовалось, — это сидеть в комфортабельном

кресле и принимать знаки внимания молодых красивых стюардесс». После этого он писал мне: «Я радовался встрече не только со многими старыми знакомыми, но и с новыми, от которых я многого ожидаю в будущем».

Всех, кто когда-либо знал его, поражала его скромность: он всегда уклонялся от разговоров о его собственном вкладе в астрономию. Это, может быть, лучше всего выразилось в его замечании о диаграмме Герцшпрунга — Рассела: «Почему не называть ее диаграммой цвет — светимость? Тогда мы знали бы, о чем идет речь».

Герцшпрунг был удостоен многих отличий за выдающиеся успехи в области астрономии. Он был избран членом одиннадцати ученых

академий Европы и США и получил почетные степени доктора Утрехтского (1923), Копенгагенского (1946) и Парижского (1947) университетов. Британское Королевское астрономическое общество присудило ему Золотую медаль в 1929 г., а в 1937 г. он получил Золотую медаль Брюса от Тихоокеанского астрономического общества (США).

Герцшпрунг часто говорил своим коллегам и студентам: «Если как следует работать, всегда найдешь что-нибудь, а иногда — что-нибудь существенное». Следуя этому принципу, Герцшпрунг внес в астрономию вклад, который поставил его в ряд великих астрономов всех времен.

Перевод с английского Г. Б. Шоломицкого



«ПЫЛАЮЩИЙ» ОСТРОВ

Несколько лет назад в печати широко освещалось интересное явление природы — рождение вулканического острова в Атлантическом океане вблизи Исландии. Аналогичное явление произошло и в Тихом океане. 10 декабря 1967 г. в группе островов Тонга, где на морских картах отмечена банка Метис, появился новый вулканический остров (См. «Земля и Вселенная», 1968 г., № 4, стр. 45).

Спустя два дня после извержения вулкана естествоиспытатель — король Тонга Тауфа'ахау Тупоу IV, британский консул и представители прессы пролетели над новым островом на высоте 900 м, а затем снизились до высоты 400 м. Корреспондент по радио сообщил, что он видит скалистый остров протяженностью около

90 м и высотой 15 м. По форме остров напоминал неровную зубчатую серую чашу (вместо обычной для вулканических островов формы конуса). Огромные столбы пара выбрасывались из нее на высоту 300—400 м через каждые 10—15 секунд. Серо-черный пар и дым, а также тропическое солнце не позволили увидеть пылающую лаву.

На Тонга утверждают, что новый остров находится в том же месте, где в 1875 г. была обнаружена банка Метис. Тогда этот остров возвышался над уровнем моря всего лишь на 8—9 м. В 1890 г. он поднимался из воды уже на высоту 45 м, а в 1898 г. его покрывал слой воды в 1,5—2,0 м.

13 февраля 1968 г. исследовательское судно Института океа-

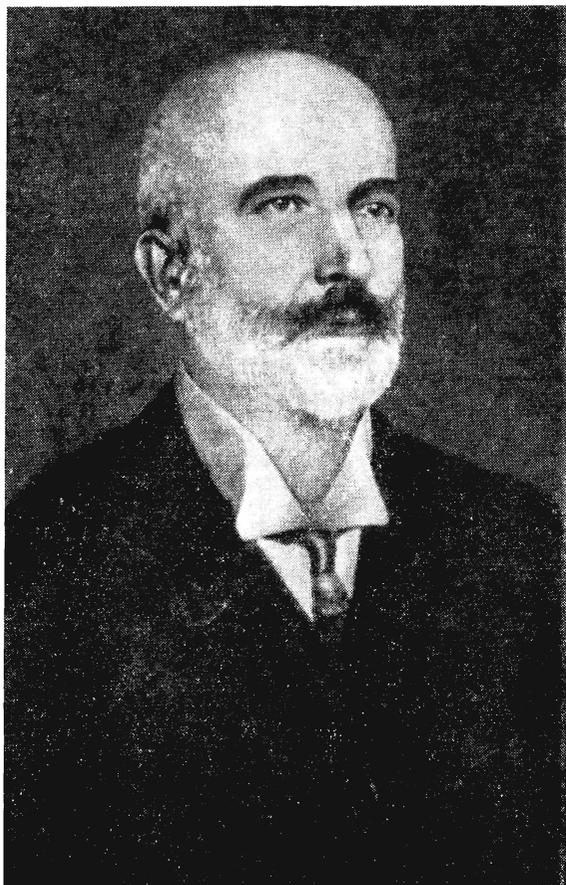
нологии АН СССР «Витязь», выполняя программу геологических работ в Тихом океане, приблизилось к месту, где произошло извержение подводного вулкана. Вокруг вулкана геологи взяли пробы грунта с глубины около 100 м и доставили на палубу корабля вулканическую породу, вулканический песок и обломки кораллов. С борта «Витязя» хорошо были видны буруны и всплески воды вокруг нескольких камней или вулканических пород, которые то показывались, то скрывались под набегающими волнами. Однако, никакого острова, который бы возвышался над водой, не было: могучий океан успел разрушить рожденный вулканом остров.

В. Г. СНОПКОВ
кандидат географических наук



Граница «М»

В югославском городе Загребе в марте 1968 г. состоялась научная конференция, посвященная памяти хорватского сейсмо-



АНДРЕЙ МОХОРОВИЧИЧ (1857—1936)

га Андрея Мохоровичича, имя которого известно каждому геофизику и геологу.

Границей Мохоровичича, или сокращенно — границей «М», называется сейсмическая граница, отделяющая земную кору от мантии Земли. Она обнаружена под поверхностью всего земного шара, но в разных по геологическому строению областях выражена с различной четкостью и залегает на разных глубинах. Образно границу Мохоровичича можно назвать подземным рельефом нашей планеты. В первом приближении рельеф этой границы зеркально противоположен рельефу земной поверхности: под высокогорными областями поверхность «М» прогнута вглубь на 60 км; под равнинами она залегает относительно ровно на глубине 30—40 км; под океаническими впадинами приближена к поверхности Земли (расстояние до нее от дна океана всего 10—15 км). Однако в последние годы накапливается все большее число фактов, не укладывающихся в эту схему.

Вопрос о глубине залегания границы «М» под геологическими структурами различного строения и возраста широко обсуждается в геолого-геофизической литературе. Оживленную дискуссию вызывает и проблема общего представления о границе Мохоровичича с точки зрения физики и геологии.

Как известно, сейсмологи выделяют в земной коре материков три основных слоя: слой осадков (со скоростью сейсмических волн в диапазоне 3—5 км/сек), «гранитный» слой (скорость 5—6 км/сек) и «базальтовый» слой (скорость 6,5—7,5 км/сек). Граница Мохоровичича отделяет «базальтовый» слой от мантии Земли. Ниже этой

границы скорость сейсмических волн возрастает до 8,0—8,4 км/сек. О составе и происхождении «гранитного» слоя мнения геологов сейчас в основном сходятся. Это комплекс смятых в складки, метаморфизированных и пронизанных гранитным материалом осадочных пород. Представления о составе и происхождении лежащего ниже «базальтового» слоя более гипотетичны, так как он почти нигде не вскрывается на поверхности Земли. В последние годы геологи и геофизики все больше склоняются к той точке зрения, что и «базальтовый» слой в значительной степени сложен метаморфическими породами, но претерпевшими более высокую степень изменения. Наряду с первично осадочными метаморфическими породами в «базальтовом» слое предполагается также включение и магматических пород, по составу близких к базальтам.

Наиболее проблематичен и дискуссионен вопрос о составе верхней мантии и, следовательно, о природе границы Мохоровичича.

* *
*

На симпозиуме в Загребе основное внимание было уделено рассмотрению новых данных о рельефе поверхности «М» в различных районах мира (особенно в пределах Юго-Восточной Европы) и дискуссии о ее природе.

В работе симпозиума приняли участие геологи и геофизики Югославии, СССР, Чехословакии, Венгрии, Румынии, ГДР, ФРГ и Италии.

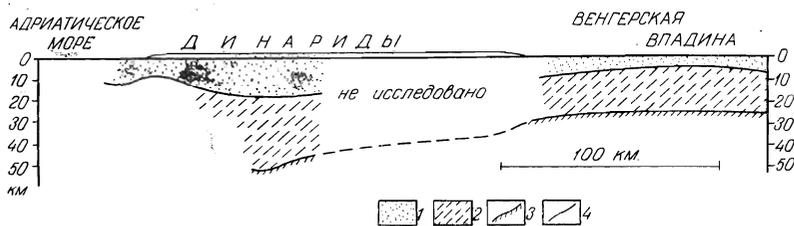
С докладами, посвященными жизни и научной деятельности выдающегося югославского сейсмолога, его научным связям с учеными других стран, выступили его сотрудники и коллеги: И. Мокрович, В. Вирклян, М. Касумович из Загреба и Л. Бендефи из Будапешта. Большой интерес вызвали доклады Т. Драгошевича, М. Роксандича и Б. Чирича о первых результатах изучения

земной коры на территории Югославии профилями глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) и геологической интерпретации полученных материалов. В настоящее время югославские Динариды пересечены двумя такими профилями.

С. М. Зверев (Москва) и Д. Просен (Белград) выступили с обзорными докладами, посвященными результатам изучения границы Мохоровичича в СССР и других странах. Разработанный в начале 50-х годов академиком Г. А. Гамбурцевым метод глубинного сейсмического зондирования, остающийся до настоящего времени самым совершенным методом изучения земной коры, получил в СССР широкое применение. Общая протяженность профилей ГСЗ достигла в СССР 50 000 км. К настоящему времени изучено строение земной коры Украины, Кавказа, Туркмении, Предуралья, Казахстана. Проведены обширные исследования в дальневосточных морях (Охотском и Японском) и в прилегающих к СССР районах Тихого океана.

В последние годы метод ГСЗ получил широкое признание в странах народной демократии Юго-Восточной Европы, в Италии, ФРГ и США.

Доклады С. И. Субботина (СССР) и А. Майера (ФРГ) были посвящены природе поверхности «М». В настоящее время обсуждаются две основные гипотезы. Согласно одной, граница Мохоровичича является рубежом резкого изменения вещественного состава горных пород. По сравнению с земной корой вещество верхней мантии обогащено железом и магнием и содержит меньше кремнезема, поэтому оно характеризуется большей плотностью и скоростью прохождения сейсмических волн. Сторонники другой гипотезы считают, что состав нижних слоев земной коры и верхней мантии примерно одинаков, но ниже границы «М» земное вещество находится в более уплотненном состоянии. Границу «М» они пони-



ПРОФИЛЬ глубинного сейсмического зондирования, пересекающий Динариды и Венгерскую впадину: 1 — осадочный слой; 2 — «гранитный» и «базальтовый» слой; 3 — граница Мохоровичича; 4 — другие сейсмические границы в коре

мают как границу фазового перехода некоторых минералов горных пород из менее плотного в более плотное состояние. Первая гипотеза завоевывает сейчас все большее число сторонников.

* * *

Участники симпозиума многое узнали о жизни и научной деятельности выдающегося югославского ученого. Андрей Мохоровичич родился 23 января 1857 г. в городе Волоско, расположенном на полуострове Истрия Адриатического побережья, близ Италии (Хорватия). Детство и школьные годы он провел в приморском городке Опатия, в нескольких километрах от Волоско. После окончания гимназии А. Мохоровичич поступил на философский факультет Пражского университета, где изучал математику и физику. В 1882 г. он был уже профессором

Морской навигационной школы в Бакаре, где начал заниматься изучением физики облаков. Результаты его исследований по этому вопросу опубликованы в Загребе. В 1891 г. Мохоровичич перешел на работу в реальное училище в Загребе и взял на себя руководство метеорологической обсерваторией. В 1897 г. он получил степень доктора философии, в 1910 г. был выбран экстраординарным профессором Загребского университета, а вскоре и членом Югославской Академии, где с 1918 по 1922 г. он был секретарем математическо-естественного отделения. В 1906 г. при Загребской метеорологической обсерватории Андрей Мохоровичич организовал сейсмическую станцию. В 1911 г. обсерватория в Загребе была реорганизована в Государственное учреждение по метеорологии и геодинاميке.

При изучении сейсмограмм землетрясения 8 октября 1909 г. А. Мохоровичич обна-

ВИД НА ОПАТИЮ. На переднем плане трехэтажный домик, где родился и жил А. Мохоровичич



ружил первый сейсмический раздел в Земле, названный впоследствии его именем. Он впервые ввел раздельное изучение близких и удаленных землетрясений. Работами Мохоровичича начата новая эпоха в сейсмологии.

Последние годы своей жизни А. Мохоровичич целиком посвятил исследованиям в области сейсмологии и, в особенности, проблеме построения географа сейсмических волн, а также инструментальной сейсмологии. В 1921 г. Государственное учреждение по метеорологии и геодинимике в Загребе было реорганизовано в Геофизический институт. Мы посетили Геофизический институт, руководителем которого 30 лет был Мохоровичич. Поднявшись на фуникулере в расположенную на холмах старую часть города со средневековой архитектурой, мы подошли к большому серому зданию, построенному 200 лет назад. Отсюда открывается прекрасный вид на большую нижнюю часть Загреба, лежащую на террасе реки Савы. Вдали за рекой виднелись контуры новостроек самого молодого района столицы Хорватии.

Начальник сейсмической станции «Загреб» Д. Скоко показал нам кабинет, где больше полувека назад Андрей Мохоровичич сделал свое замечательное открытие. Затем мы спустились в подвал. На специальных бетонированных постаментов здесь и сейчас еще стоят те сейсмографы, по сейсмограммам которых Мохоровичич обнаружил границу раздела Земли. Это старинные приборы системы Вихерта с механической регистрацией колебаний. Игла самописца чертит колебания непосредственно на листе записочной бумаги, намотанной на барабан. Рядом с этими «ветеранами» сейсмологии мы увидели и комплект современных сейсмографов советского производства. Надо отметить, что Югославская сейсмическая служба сейчас в значительной степени оснащена советской геофизической аппаратурой. После разрушительного землетрясения в Скопле была организована широкая сеть сейсмических станций, оборудованных советскими сейсмографами. Продолжается оснащение современной сейсмической аппаратурой и большинства остальных сейсмических станций СФРЮ.

В Загребе мы познакомились с внуком А. Мохоровичича, профессором Загребского университета Андреем Мохоровичичем.

Внук выдающегося сейсмолога посвятил себя истории хорватской архитектуры. Им опубликовано много работ по истории средневековой архитектуры Средиземноморья. Андрей Мохоровичич является одним из авторов издающейся сейчас в нашей стране «Всемирной истории архитектуры». А. Мохоровичич бывал в Советском Союзе и у него много друзей в нашей стране.

В семье Мохоровичичей очень любят имя Андрей: восемь поколений нарекали своих сыновей этим именем. Мы спросили Андрея Андреевича, как правильно произносить его фамилию, которую приходится слышать почти на каждом геофизическом докладе, причем с ударением на различные гласные. Андрей Андреевич сказал, что ударение ставится на третьем «о» — Мохоровичич.

* * *

После окончания симпозиума участники совершили экскурсию на Адриатическое побережье — на родину Мохоровичича. На своем «Москвиче» с нами поехал и Андрей Андреевич вместе с женой и ее матерью.

Из Загреба наш путь лежал на юго-юго-запад, примерно по тому же направлению, что и проходящий несколько восточнее международный профиль глубинного сейсмического зондирования. Переехав реку Сава, мы оказались на равнинах окраины Венгерской впадины. Под этой обширной межгорной впадиной, расположенной между Карпатами на севере и востоке и Динаридами на юге, — очень неглубокое для материков залегание границы Мохоровичича (всего 20—22 км).

После небольшого городка Карловац начинаются горы. Лента шоссе поднимается на известняковое плато, простирающееся во все стороны на многие километры. Открывшаяся перед нами картина была очень неожиданной. Слегка холмистая поверхность плато сплошь усеяна воронкообразными ямами и впадинами различных размеров (от нескольких метров до сотен метров). Почвенный слой с поверхности плато почти целиком смыт на дно воронок. Отдельные деревья и редкие кустарники лишь немного оживляли эту голую известняковую пустыню. Мы попали в область сплошного распространения карста. Самый термин «карст» произошел от плато, которое мы пересекали, — Динарский карст. Карстовые явления,

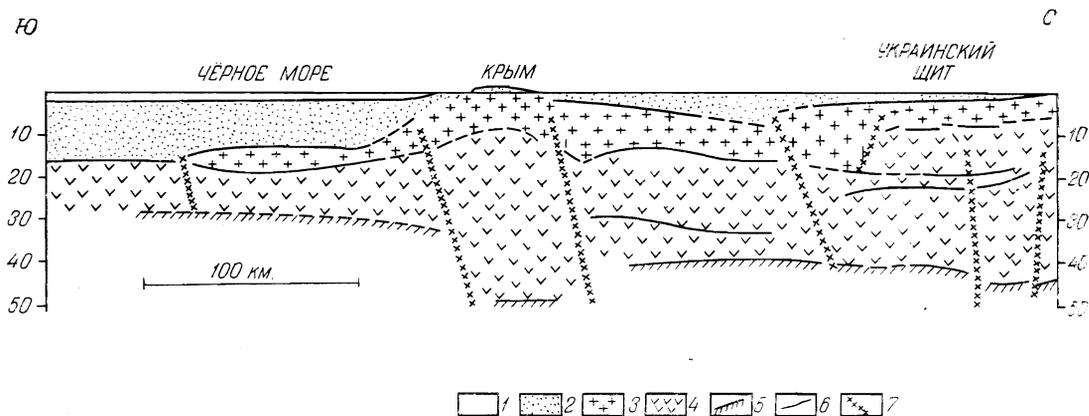
как известно, возникают в результате растворения поверхностными и подземными водами известняков. Необычайно широкое развитие карстовых явлений в Динаридах вызвано, прежде всего, тем, что полоса выхода на поверхность известняков весьма широкая (50—80 км). Поверхностные воды полностью уходят по трещинам и воронкам внутрь известняковых массивов. Скопившись под землей, они образуют огромные потоки, которые иногда прорываются из подземных пещер на поверхность, «промывая» глубокие каньоны с почти отвесными стенками. Интересное зрелище представляет собой карстовое плато в периоды таяния снега или обильных дождей. В это время промытые в известняке щели и воронки не успевают поглощать всю поступающую на поверхность воду; она скапливается в отдельных понижениях, образуя кое-где довольно большие бессточные озера. Вскоре вода уходит, а на ее месте остается плодородная почва. В этих маленьких оазисах каменистой пустыни и расцветает все живое. Наш автобус то спускался на эти высохшие озера — «поля» (как их называют), то вновь поднимался на усеянное воронками, как после бомбежки, известняковое пустынное плато.

Профиль глубинного сейсмического зондирования, параллельно которому проходил наш маршрут, свидетельствует, что граница Мохоровичича под Динаридами погружена до

глубины 40 км, образуя крупный прогиб в земной коре, примерно равный толщине слоя известняков, по которым мы ехали. Когда-то, в отдаленное геологическое время — в мезозое, т. е. 200—150 млн. лет назад, этот участок земной коры испытал опускание. На дне возникшего морского залива накапливались карбонатные осадки, ставшие впоследствии 10-километровой толщиной известняков. Опускание привело к утолщению всей земной коры. Вследствие этого и произошло погружение границы «М».

У моря известняковое плато обрывается почти вертикальным уступом. Подъехав к самому краю плато, автобус на минуту остановился. Перед нами распростерлись море и небо. Легкий туман, закрывший горизонт, расцветивался бледно-розовыми тонами. Солнце уже зашло. Крутые обрывы известняковых громадин чернели в наступивших сумерках. Начался головокружительный спуск к морю (плато расположено на высоте около тысячи метров над уровнем моря). Петли серпантинов на поросшем лиственным лесом склоне напомнили нам дорогу с Крымской Яйлы к Ялте. Вдоль побережья мы ехали уже в темноте. И только бусы электрических огней, разбросанные вдоль побережья и на островах, позволили мысленно представить себе изрезанную границу суши и моря.

Граница суши и моря, горных цепей Динарид и дна Адриатики — это не только географическая линия, но и рубеж в строении



ПРОФИЛЬ ГЛУБИННОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ через Крым и Черноморскую впадину (по В. Б. Соллогубу, Н. И. Павленковой, А. В. Чекунову): 1 — слой воды; 2 — осадочный слой; 3 — «гранитный» слой; 4 — «базальтовый» слой; 5 — граница Мохоровичича; 6 — сейсмические границы в коре; 7 — зоны глубинных разломов



ГРУППА УЧАСТНИКОВ СИМПОЗИУМА В ЗАГРЕБЕ; третий справа — внук А. Мохровичича

земной коры. Под морями типа Средиземного (к которым принадлежат Адриатическое и Черное моря) мощность коры резко сокращается. Сейсмическим зондированием на рубеже суши и моря обнаружен резкий подъем границы «М». Такое скачкообразное изменение границы «М» установлено, например, в Черном море к югу от Крымского полуострова. Вероятно, такой же скачок в рельефе границы «М» следует ожидать и между Динаридами и Адриатическим морем. (Пока мы можем это лишь предполагать, необходимые сейсмические исследования на Адриатике еще только планируются.)

На следующий день участники симпозиума вместе с внуком хорватского сейсмолога собрались у небольшого трехэтажного домика на берегу моря, где родился и провел свои детские и юношеские годы А. Мохровичича.

Непосредственно от домика тянется небольшой мол, образующий маленькую гавань для прогулочных моторных лодок. На стене дома — скромная мемориальная доска с надписью: «В этом доме родился хорватский ученый, академик и профессор Университета, доктор Андрей Мохровичич,

23. I. 1857 — 18. XII. 1936,

который открытиями в области сейсмологии прославил свою родину».

В муниципалитетах Волоско и Опатии тепло приветствовали участников симпозиума, прибывших на родину Мохровичича. Ознакомившись с окрестностями Волоско, мы вернулись в Загреб, а оттуда в Москву.

С. М. ЗВЕРЕВ
кандидат геолого-минералогических наук
И. А. РЕЗАНОВ
кандидат геолого-минералогических наук



**ДИСКУССИИ,
ГИПОТЕЗЫ,
ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

ПОИСКИ ВНЕЗЕМНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ф. ДАЙСОН
профессор

Предлагаем вниманию читателей сокращенный перевод статьи крупного американского физика-теоретика, профессора Института перспективных исследований в Принстоне Фримена Дайсона. В последние годы Ф. Дайсон живо интересуется проблемой внеземных цивилизаций. Им, например, высказана известная советскому читателю идея создания «сферы Дайсона» (о ней также говорится в статье).

В этой статье Ф. Дайсон рассматривает некоторые возможные, по его мнению, проявления инженерной деятельности высокоразвитых внеземных цивилизаций. В настоящее время, разумеется, едва ли можно считать окончательными какие-либо выводы о деятельности внеземных цивилизаций.

Когда говорят о грандиозных инженерных проектах, то думают либо о том, что именно мы, люди, можем совершить в будущем, либо о том, что могут где-нибудь предпринимать уже сейчас внеземные существа, если конечно они есть. Размышлять о грандиозном будущем человечества — значит предаваться праздным мечтам или заниматься научной фантастикой. Но строго рассматривать то, что можно было бы наблюдать, если бы оказалось, что технологически развитые существа действительно обитают в нашем уголке Вселенной — это серьезная и вполне законная часть науки. Я буду обсуждать здесь только те внеземные явления, которые можно наблюдать уже в настоящее время.

За последние годы биологи, астрономы и физики высказали много гипотез о возможности существования внеземных разумных видов. Хорошую подборку статей на эту тему можно найти в книге «Межзвездная связь»*. Точку зрения, вырисовывающуюся при чтении этих статей, я назову «ортодоксальной». Очень упрощенно ее можно сформулировать следующим образом. Жизнь — обычное явление во Вселенной. Есть много обитаемых планет, и каждая из них служит пристанищем для своего племени живых существ. На многих из обитаемых миров воз-

* Межзвездная связь. Сборник статей под редакцией А. Камерона. «Мир», 1965 г.

ник разум и появился интерес к связи с другими разумными существами. Есть смысл попытаться принять от них радиосообщения и, в свою очередь, передать сообщения им. Нет оснований надеяться на посещение иных цивилизаций за пределами солнечной системы или думать, что они сами могут посетить нас. Максимально возможный контакт между отдаленными цивилизациями — это медленный, но плодотворный обмен сообщениями, которые равняют по всей Галактике лишь знания и мудрость, но не конфликты и беспорядки.

«Ортодоксальный» взгляд, несомненно, отчасти правилен. Безусловно блестящей была идея Дж. Коккони и Ф. Моррисона, предложивших прослушивать сигналы на длине волны 21 см; будем надеяться, что двухмесячное прослушивание, предпринятое Ф. Дрейком (проект «Озма»), в будущем станет обычным делом. Однако я придерживаюсь несколько иной точки зрения, ибо не хочу полагаться лишь на добрую волю и общность интересов чуждых друг другу обществ. Я провожу четкое различие между разумом и технологией. Легко представить высокообразованное общество, не проявляющее особого интереса к инженерной деятельности. Нетрудно увидеть вокруг нас примеры инженерной деятельности без разума; завтракая в университетском кафе в Ла-Холья, можно, например, наблюдать бульдозеры, с корнем выворачивающие эвкалиптовые деревья. Когда мы пытаемся найти во Вселенной явления искусственного происхождения, мы должны искать именно инженерную деятельность, а не разум. Было бы гораздо большим успехом найти непосредственно разум, но единственно, что мы имеем какие-то шансы обнаружить, — это инженерную деятельность.

Я начну свои рассуждения со следующего. Если правда, как считают многие химики и биологи, что во Вселенной есть миллионы мест, в которых могла развиться технология, то нам не интересно, как может выглядеть технологически развитое общество в среднем. Вместо этого нас должно интересовать, как могут выглядеть наиболее выдающиеся из этих миллионов технологий. Инженерная деятельность, которую мы имеем шанс обнаружить, по определению, будет той, которая достигла наибольшего возможного размаха. Таким образом, **первое условие**, которое мы установили, гласит: следует обсуж-

дать и искать лишь те явления искусственной природы, масштабы которых (в пределах законов физики и техники) наиболее велики. Нет нужды обсуждать вопрос о мотивах, о том, кому это может понадобиться и зачем. Зачем люди взрывают водородные бомбы и посылают ракеты на Луну? Точно ответить на эти вопросы трудно. Я считаю, что нет ничего столь огромного или столь безумного, чего бы хоть одно из миллионов технологически развитых обществ не захотело бы сделать, если только это физически возможно.

Второе условие. Предположим, что все инженерные проекты внеземных цивилизаций выполняются с техническими средствами, которые человек нашего времени может себе представить. Это предположение оправдано, так как нет смысла обсуждать инженерную деятельность, которую человек не может еще понять. Очевидно, при технологии, существующей миллионы лет, инженерная деятельность пойдет путем, совершенно отличным от наших современных представлений. Однако я полагаю, что рассмотрение только понятной нам технологии практически не ослабляет цепи моих рассуждений. Я представлю доказательства осуществимости некоторых инженерных возможностей и опишу грубые и несовершенные методы, которыми можно было бы выполнить различные проекты. Если окажется, что есть методы более изящные, то справедливость моих выводов все же сохранится.

Третье условие. Будем пренебрегать вопросами экономических затрат. Я считаю, что если имеются физические ресурсы вещества и энергия для какого-либо предприятия, то оно осуществимо. Дело в том, что экономические проблемы имеют преходящий характер. Предположим, например, что технологически развитое общество имеет в достатке вещество и энергию для постройки большого космического корабля, но не располагает для этого экономическими ресурсами (индустриальной базой). Необходимые экономические ресурсы будут созданы автоматически, когда технология разовьется до пределов, поставленных физическими ресурсами. Мы не имеем представления о том, какой может быть скорость экономического роста чуждого нам технологически развитого общества. Из осторожности предположим, что некие чуждые нам общества развиваются с той же скоростью, что и наше общество, до тех пор, пока не будут полностью исчерпаны физиче-

ские ресурсы. Это соответствует скорости роста по меньшей мере 1% в год, т. е. увеличению в 20 000 раз за 1000 лет и в 10^{15} раз за 3500 лет. Все эти промежутки в астрономическом масштабе времени очень малы. Другими словами, я предполагаю, что демографический взрыв вышел из-под контроля, по крайней мере, в одном обществе, помимо нашего.

Что захочет осуществить очень крупное и выдающееся технологически развитое общество? Это вопрос, на который нельзя ответить. Сторонники ортодоксальных взглядов считают, что оно будет посылать радиосигналы для нашего просвещения. Может быть будет, а может быть и нет. Лучше подумать о том, что должно делать развитое технологическое общество для того, чтобы вообще существовать. Оно должно иметь в избытке энергию и вещество, оно должно развивать средства контроля над ними.

Рассмотрим физические пределы, ограничивающие технологическое развитие внутри одной планетной системы, окружающей одиночную звезду. В нашем распоряжении, грубо говоря, имеется энергия Солнца (Солнце излучает $4 \cdot 10^{33}$ эрг в секунду; $4 \cdot 10^{33}$ эрг/сек = $4 \cdot 10^{26}$ вт) и масса Земли ($6 \cdot 10^{27}$ г). Отношение массы к мощности равно 15 кг/квт, что приемлемо для жизнедеятельности биологических систем и работы электрических устройств. Если мы учтем массу всех девяти планет солнечной системы, исключив массу водорода и гелия, то запас массы увеличится примерно в 30 раз. При современной индустриальной базе человечество потребляет около $3 \cdot 10^{19}$ эрг/сек и в обороте находится масса примерно 10^{17} г. В принципе для нас возможен рост потребления энергии и массы примерно в 10^{12} раз без выхода за пределы солнечной системы.

Теперь я формулирую свое **главное утверждение**. При одном лишь количественном, а не качественном развитии существующей технологии, общество, которое расширяется до предела, налагаемого имеющимися в его распоряжении материальными средствами, сможет использовать для биологических и технических нужд все излучение Солнца и всю массу Земли. Но каким образом?

Можно построить в космосе большие жесткие сооружения. Формула для максимального размера D такого сооружения такова:

$$(gD)^2 = (gR)(T/\rho),$$

где R — расстояние, на котором находится тело массой M , вызывающее приливные силы (именно они ограничивают размеры сооружений); $g = GM/R^2$ — местное ускорение силы тяжести (G — постоянная тяготения); T — напряжения сжатия или растяжения в материале конструкций, а ρ — его плотность. Эту формулу можно сопоставить с формулой для размера D_E сооружений на поверхности Земли:

$$gD_E = T/\rho.$$

Приливные силы в D/R раз меньше, чем гравитационная сила.

Для хороших конструктивных материалов, например стали или фибerglassа, $T/\rho \approx 10^9$ см²/сек², так что $D_E \approx 10$ км. Это соответствует высоте величайших гор на Земле. Для сооружения, находящегося на низкой околоземной орбите, $D = \sqrt{D_E R} \approx 300$ км. Для сооружения, обращающегося вокруг Солнца приблизительно на расстоянии Земли, $g = GM/R^2 = 1$ см/сек², $R = 1,5 \cdot 10^8$ км и $D \approx 10^6$ км.

Мы можем представить себе оболочку или скорлупу из жестких строительных блоков, расположенных так, что они движутся по орбитам вокруг Солнца или Земли, не сталкиваясь друг с другом. Минимальное число блоков, необходимое для создания сплошной сферической оболочки:

$$N = 4\pi R^2/D^2 = 4\pi(\rho/T) \cdot (GM/R).$$

Оно равно 6000 для низкой околоземной орбиты и $2 \cdot 10^5$ для оболочки вокруг Солнца.

Эти сооружения могут быть жесткими, но легкими. Это вопрос элементарного инженерного искусства. Предположим, что мы стараемся сделать сооружение размером D как можно легче, собирая его из строительных блоков с заданными свойствами. Такими блоками могут быть, например, стальные стержни длиной в 1 м и диаметром в 1 см. Из 12 таких стержней можно сделать октаэдр размером $D_1 = 1$ м и массой $M_1 = 10$ кг. Затем мы можем соединить друг с другом гранями 100 таких октаэдров и создать конструктивный элемент — «стержень» второй ступени. Из 12 получившихся таким образом стержней соберем более крупный октаэдр размером $D_2 = 10^4$ см и массой $M_2 = 10^4$ кг и т. д. На каждой ступени линейный размер увеличивается в $q = 100$ раз, а вес в $qr = 900$ раз, или, если учесть вес соединений, в $qr = 1000$ раз (здесь r — число ребер октаэдра без тех,

которые являются общими у соседних октаэдров). Таким образом, на n -й ступени:

$$\begin{aligned} \text{Размер } D_n &= q^n \text{ см} \\ \text{Масса } M_n &= 10(qr)^n \text{ г} \\ \text{Объем } V_n &= q^{3n} \text{ см}^3 \\ \text{Плотность } \rho_n &= 10(q^{-2}r)^n \text{ г/см}^3. \end{aligned}$$

В нашем случае r приблизительно равно $\sqrt{q} = 10$. Следовательно, на каждой ступени $M = 10D^{3/2}$ и $\rho = 10D^{-3/2}$ по мере роста сооружения оно становится все более и более легким. Например, для сооружения размером 300 км близ Земли $D = 3 \cdot 10^7$ см ($n \sim 4$) и $M = 10^{12}$ г = 10^6 т. Для сооружения размером 10^6 км, обращающегося вокруг Солнца, $D = 10^{11}$ см ($n \approx 6$) и $M = 3 \cdot 10^{17}$ г = $5 \cdot 10^{-11}$ массы Земли. Таким образом, минимальная масса $2 \cdot 10^5$ объектов, окружающих Солнце, равна 10^{-5} массы Земли.

Построенные таким способом сооружения, по конструкции напоминающие Эйфелеву башню, будут ажурными. Масса $M = 10D^{3/2}$ — это только минимальная величина. Если мы хотим перехватить весь солнечный свет, падающий на площадь D^2 , мы должны заполнить отверстия добавочными сооружениями и мембранами. Масса такого сооружения будет скорее пропорциональна не $D^{3/2}$, а D^2 . Вес всего сооружения будет определяться количеством вещества, необходимого для сбора солнечного света, а не для построения жесткой решетки.

У находящейся на расстоянии Земли оболочки с массой, равной массе Земли, на 1 см^2 поверхности приходится 3 г вещества, что вполне достаточно для построения рефлекторов и опорных сооружений в поле тяжести, равном 10^{-5} земного.

Я выбрал октаэдр как основную структурную единицу только для иллюстрации. Октаэдр может и в действительности быть практически удобным для построения протяженной решетки там, где гравитационные напряжения малы. Если же гравитационные или приливные напряжения существенны, то сжимаемые элементы структуры должны располагаться параллельно линиям основных напряжений (что обычно и делается при строительстве небоскребов или подвесных мостов на Земле). Но будет ли конструкция октаэдрической или нет, минимальная масса жесткой решетки будет меняться, грубо говоря, пропорционально линейным размерам в степени $3/2$.

Можно разобрать планеты на отдельные

блоки. В настоящее время человек добывает для нужд промышленности около 1 км^3 руды в год. Рост промышленности в 10^{12} раз потребует добычи руды, объем которой будет составлять существенную часть полного объема Земли, примерно 10^{12} км^3 . Для того чтобы такое количество руды стало доступным для обработки и чтобы удалить избыточное тепло, нужно, в сущности, вынести сырье и машины за пределы Земли и распределить их по большому объему космического пространства. Либо сама Земля, либо (предпочтительнее) другие планеты, не столь богатые природными красотами и историческими памятниками, должны быть разобраны на отдельные блоки.

Можно предложить несколько возможных способов разборки планет. Я опишу один такой метод на примере Земли, чтобы продемонстрировать масштабы возникающих при этом проблем. Я не хочу настаивать на том, что именно этот или какой-либо другой метод действительно применим к Земле.

Предлагаемый Ф. Дайсоном метод вкратце сводится к следующему. Вокруг Земли, вдоль линий широты прокладываются металлические изолированные проводники, через которые пропускается ток. Кроме того, проводником тока становится сама Земля. Через ее массу пропускается ток в направлении из северного полушария в южное, а замыкается ток через металлические проводники, выведенные на геоцентрическую орбиту или через плазму в магнитосфере. Таким образом Земля как бы становится якорем гигантского электромотора. Токи, идущие по проводникам и через Землю, создают магнитное поле, которое оказывает на Землю тормозящее или ускоряющее действие (в зависимости от направления токов и поля). При этом требуются сравнительно небольшие поля и плотность тока. Если принять их равными 1 в/см и 1 мка/см^2 , то суммарный момент сил, приложенный к Земле, будет составлять $10^{30} \text{ дин} \cdot \text{см}$.

Под действием этого момента сил Земля будет испытывать угловое ускорение порядка $10^{-15} \text{ рад/сек}^2$. Этого ускорения достаточно, чтобы остановить вращение Земли или, наоборот, удвоить скорость ее вращения за время всего лишь 2500 лет. При этом произойдет обмен моментом количества движения между Землей и телами, с которыми она находится в приливном взаимодействии, т. е. Луной и Солнцем.

Если Землю ускорять описанным образом в течение 40 000 лет, то период ее вращения достигнет примерно 100 минут, и экваториальные области Земли под действием центробежных сил начнут отрываться и улетать в космическое пространство. Продолжая ускорять Землю, можно, в конечном счете, разобрать ее полностью. Необходимая для этого мощность равна $6 \cdot 10^{26} \text{ эрг/сек}$, что составляет $1,5 \cdot 10^{-7}$ полной мощности Солнца или 300-кратную мощность излучения Солнца, падающего на всю Землю. Обеспечить такую мощность можно, собирая

солнечную энергию с помощью различных орбитальных сооружений с площади, простирающейся от Земли примерно на 100 земных радиусов. Эта энергия и будет использоваться для выработки электрического тока.

Такова грубая схема предлагаемого Ф. Дайсоном способа разборки планет. Конечно, в настоящее время несколько рано обдумывать детали этого грандиозного проекта, хотя Ф. Дайсон пытается уже сделать кое-какие шаги и в этом направлении.

Оценки показывают, что вся масса планет может стать доступной для технических целей за время порядка 10^5 лет или меньше. Технологически развитое общество, растущее до предела, налагаемого имеющимися в распоряжении общества материальными средствами, за это же время сможет полностью использовать энергию, вырабатываемую звездой. Для нас важно, можем ли мы обнаружить такую инженерную деятельность?

Очевидным объектом поисков является инфракрасное излучение. Независимо от инженерных деталей, второй закон термодинамики требует, чтобы технологически развитое общество, потребляющее $4 \cdot 10^{33}$ эрг/сек, излучало в виде обработанного тепла значительную часть этой энергии при температуре, меньшей, чем температура рабочих частей оборудования. Если звезда окружена оболочкой непрозрачных объектов, то, по-видимому, ее наружная поверхность будет служить излучателем, удаляющим избыточное тепло. По крайней мере, основная часть этих $4 \cdot 10^{33}$ эрг/сек будет излучаться в интервале длин волн 3—10 мк. Это излучение нельзя утаить независимо от того, хочет или нет технологически развитое общество скрыть от нас свое существование.

К счастью, мы можем с поверхности Земли заметить источники инфракрасного излучения в области 3—10 мк. Астрономы, конечно, профессионально интересуются поисками естественных объектов в этой области спектра. К числу таких объектов, которые можно заметить, относятся протозвезды — облака газа и пыли, сжимающиеся в звезды и еще недостаточно излучающие, чтобы быть видимыми. Когда такие объекты будут найдены, я полагаю, никто не бросится в газеты с заявлением, что найдено нечто искусственное. Я утверждаю лишь, что если необычайно технологически развитые общества действительно существуют, они будут найдены именно среди таких объектов.

Для более полного выяснения природы объекта, заподозренного в искусственном про-

исхождении, необходимы другие виды наблюдений. Можно поискать, в частности, неправильные вспышки света звезды, просвечивающей сквозь щели в оболочке; паразитные электромагнитные поля и радиошумы, образующиеся при работе крупных электрических установок (не обязательно несущие какое-либо «сообщение»). Важность инфракрасных наблюдений состоит в том, что они чрезвычайно сужают область поисков. Если крупное технологически развитое общество вообще существует, оно должно находиться там, где найден инфракрасный источник. Если имеем списки инфракрасных источников, то мы знаем, куда направлять оптические и радиотелескопы. Конечно, объект нельзя объявлять искусственным, если только он не выглядит аномальным, по меньшей мере, при двух независимых способах наблюдений.

Существуют ли какие-либо физические или инженерные причины, по которым растущее технологически развитое общество должно ограничиваться ближайшими окрестностями одной звезды? Мне кажется, что ответ на это должен быть отрицательным.

В статье, опубликованной в сборнике «Межзвездная связь», профессор Э. Парселл приводит доказательства невозможности межзвездных полетов. Он прав в том смысле, что не допустил арифметических ошибок в вычислениях. Однако он доказал всего лишь, что невозможно осуществить за сроки человеческой жизни межзвездное путешествие с возвращением даже при скорости, равной 99% скорости света. Когда мы обсуждаем рост не известного нам технологически развитого общества, длительность человеческой жизни отношения к делу не имеет. Я готов поэтому категорически утверждать (и на мой взгляд вполне уверенно), что межзвездное путешествие со скоростью 1% от скорости света (1 световой год за столетие) легко осуществимо. Такую скорость может обеспечить какая-либо эффективная ядерно-электрическая двигательная система. Нетрудно представить себе, например, линейный электромагнитный ускоритель, похожий на необычайно длинный орудийный ствол. Он может ускорять движение крупных тел, без затраты ракетного топлива, до 50% скорости света. Такой ствол необходимой длины можно выстроить в межзвездном пространстве из имеющегося в распоряжении вещества планет. Однако, такой вид движения требует наличия в конечном пункте аналогичного ство-

ла для торможения и не может поэтому использоваться при первых путешествиях в начале освоения пространства.

Таким образом, проблема межзвездных путешествий — это проблема побуждений, движущих обществом, а не физическая проблема. Технологически развитое общество с сильным стремлением к расширению будет перемещаться от звезды к звезде за время, не превышающее 1000 лет. Оно распространится из одного конца Галактики в другой за 10^7 лет, т. е. за время, небольшое по астрономическим масштабам. Мы, следовательно, сталкиваемся с новым кругом вопросов. Уже недостаточно спросить: «Как выглядит звезда, которой завладело технологически развитое общество?». Мы должны поинтересоваться: «Как выглядит галактика, когда ее завоевывает такое общество?».

Что сделает технологически развитое общество с галактикой, чтобы расширить насколько возможно область своего обитания? Как мы уже говорили, будут эксплуатироваться отдельные звезды. Но, по-видимому, в галактике, пребывающей в первобытном состоянии, слишком мало вещества находится в планетах и слишком много — в звездах, чтобы это вещество можно было эффективно потреблять. Технологически развитое общество будет стараться переместить вещество из звезды в межзвездное пространство, где его можно будет использовать. Это кажется очень трудным, но я знаю, по крайней мере, один грубый способ, который поможет это сделать. Несомненно, существуют и более остроумные способы, но я опишу тот, какой знаю.

Предположим, что мы соорудили электрическую реактивную систему, выбрасывающую инертную массу из солнечной системы со скоростью $2 \cdot 10^8$ см/сек. Предположим также, что для этого используется вся мощность Солнца с эффективностью 40%. Тогда, например, вещества Юпитера, используемого в качестве инертной массы, хватит примерно на 10^6 лет. За это время скорость Солнца изменится на 2 км/сек, а его положение — на 3 световых года. Таким образом, Солнце можно переместить в любую намеченную точку в радиусе 3 световых лет. Но в нашей части Галактики (не очень плотно населенной) другая звезда пройдет через круг радиусом в 3 световых года в среднем один раз в 10^5 лет. Значит, технологически развитое общество может вызывать столкновения или близкие

прохождения звезд за промежутки времени порядка 10^6 лет.

Мы в точности не знаем, каков будет результат столкновения звезд, но ясно, что это хороший способ добычи вещества. Может произойти одно из двух. Либо при самом столкновении в космическое пространство будет выброшена значительная часть звездной массы, где она конденсируется и может быть использована, либо обе звезды сольются и образуют звезду большей массы. Во втором случае технологически развитое общество может добавлять звезды, осуществляя последовательно столкновения, пока масса звезды не станет превышать массу Солнца во много раз. Известно, что такая звезда проходит свой эволюционный путь примерно за 10^6 лет, и он заканчивается непрерывным или взрывным выбросом большей части ее массы в космическое пространство. Таким образом, в любом случае в результате звездных столкновений масса из звезд будет переходить в окружающее пространство (за время порядка нескольких миллионов лет).

Итак, можно считать, что «освоенная» галактика по сравнению с «дикой», будет обладать повышенным инфракрасным излучением; большей величиной отношения массы межзвездного вещества к массе звезд; большей частотой звездных столкновений; необычным обилием короткоживущих звезд-гигантов и недостатком обычных звезд-карликов. Спектр «освоенной» галактики, наблюдаемой с большого расстояния, будет ярким в синей и инфракрасной областях и слабым — в красной.

Я не рассмотрел еще много других возможных приемов, которыми может воспользоваться технологически развитое общество для операций со звездами. Одной из возможностей является прямое использование гравитационной энергии кратных звездных систем, вместо того чтобы потреблять только их тепловое излучение. В принципе, использование гравитационной энергии позволяет превращать в полезную работу существующую часть полной энергии системы Mc^2 , тогда как в ядерных реакциях в полезную работу превращается только 0,8% Mc^2 .

После всех этих увлекательных догадок мы вернемся к трезвому вопросу: почему в нашей Галактике мы не наблюдаем каких-либо следов крупномасштабной инженерной деятельности? На этот вопрос возможны два ответа. Либо мы не видим инженерной дея-

тельности потому, что ее нет, либо потому, что ищем недостаточно тщательно. Долго обдумывая эту проблему, я неохотно пришел к выводу, что первый ответ более вероятен. Я чувствую, что если бы в нашей Галактике действительно существовало расширяющееся технологически развитое общество, то результат его деятельности бросался бы в глаза. Свет звезд, вместо того чтобы расточительно излучаться по всей Галактике, бережно задерживался бы и регулировался. Звезды не двигались бы беспорядочно, а были сгруппированы и организованы. Поиски следов инженерной деятельности в Галактике напоминали бы поиски их в Нью-Йорке, на острове Манхеттен. Ничего похожего на господство технологически развитого общества в нашей Галактике нет. А по самой логике моих рассуждений, если бы существовало большое число технологически развитых обществ, хотя бы

одно из них, вероятно, добились бы такого господства.

Итак, я настроен весьма скептически по отношению к существованию какой-либо внеземной инженерной деятельности. Возможно, что возникновение жизни — куда менее вероятное событие, чем считают специалисты по молекулярной биологии. Возможно также, что обычно разум развивается без технологии. Однако, в чем бы ни состояла истина, скептицизм не означает, что искать не следует вовсе. Напротив, именно потому, что я настроен скептически по отношению к реальному существованию внеземной технологии, я хочу, чтобы мы продолжали искать ее со всей возможной серьезностью и научной объективностью.

Перевод с английского К. А. Любарского

СОВЕДУЕМ ПРОЧИТАТЬ

КНИГА О ГРЯДУЩЕМ ОСВОЕНИИ КОСМОСА

Проблемам космизации науки и производства, а также ряду других философско-методологических и социальных проблем посвящена книга А. Д. Урсула «Освоение космоса» (издательство «Мысль», 1967 г.).

Автор показывает причины исторической необходимости космической деятельности человека, обсуждает возможные общекосмические закономерности возникновения и развития жизни и общества, отстаивает точку зрения о возможности бесконечного прогрессивного развития человечества. По мнению автора, основная масса высокоразвитых космических цивилизаций, с которыми может в будущем взаимодействовать человечество, — это коммунистические цивилизации, взаимное общение которых приведет к еще большему прогрессу как каждой цивилизации,

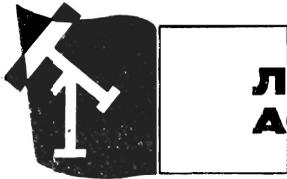
так и всей общественной ступени во Вселенной.

Конечно, очень трудно, говоря о перспективах человеческой деятельности в освоении космоса, выдвигать и отстаивать бесспорные идеи. Но, по-видимому, настало время говорить и спорить об этом. Поэтому многих читателей журнала «Земля и Вселенная» заинтересует книга А. Д. Урсула и полезное приложение к ней («О постановке некоторых социологических и философских проблем освоения космоса в работах К. Э. Циолковского»).

ПОПУЛЯРНАЯ КНИГА О ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗДАХ

«Приходилось ли Вам видеть звезды? Уверен, что подавляющее большинство читателей удивит этот вопрос. Очевидно, не найдется ни одного человека, кто не знал бы семизвездного «ковша» созвездия Большой Мед-

ведицы, многие умеют отыскать Полярную звезду, хорошо знакомы с созвездиями Малой Медведицы, Орiona, Лиры, Лебедя и многими другими... И все же ответ будет неожиданным: Солнце — единственная звезда, которую мы видим!» Прочитайте книгу академика АН УССР В. П. Цесевича «Маяки Вселенной» («Наукова думка», Киев, 1968 г.) и вы не только выясните, почему мы «не видим» ни одной звезды, кроме Солнца, но и много интересного узнаете о различных типах переменных звезд, своеобразных «маяках Вселенной». Каждый береговой маяк мигает по-своему, и опытный капитан легко может узнать местонахождение корабля. По-своему изменяется блеск каждой переменной звезды. Ученые, тщательно исследуя закономерности изменения блеска, открывают многочисленные свойства звезд и надежно определяют огромные расстояния, которые отделяют нас от звездных систем.



Любителям астрономии — о телескопах. III*

Н. Н. МИХЕЛЬСОН

кандидат физико-математических наук

КОНТРАСТНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГЛАЗА

При наблюдении в телескоп протяженных небесных объектов количество света, попадающее на сетчатку глаза, с ростом увеличения инструмента уменьшается. Оказывается, применение все более сильных увеличений приводит к тому, что свет распределяется на большую площадь сетчатки глаза. А чувствительность глаза к световым контрастам, как известно, максимальна при некоторой определенной яркости. С ростом увеличения яркость изображения ослабевает, одновременно ухудшается и видимость контрастов. Вот почему, например, в телескоп не заметны спиральные рукава туманности Андромеды и многие детали других туманностей, поверхностная яркость которых невелика. Далекая спиральная галактика

выглядит в телескопе туманным пятном.

КОЛИЧЕСТВО СВЕТА, СОБИРАЕМОГО ТЕЛЕСКОПОМ, И ЯРКОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЙ

«Так зачем же тогда большие телескопы? — спросит читатель. — Разглядеть мелкие детали в них невозможно, видимый контраст при визуальном наблюдении падает, становятся более заметными атмосферные помехи, ее турбулентность».

Большие телескопы нужны для того, чтобы собрать побольше света. Ведь основная цель — наблюдать все более и более слабые объекты. Кроме того, астрономы сейчас редко наблюдают визуально. Визуальные наблюдения практически полностью вытеснены фотографией, спектроскопией, электрофотометрией и другими современными методами.

Рассмотрим несколько подробнее вопрос о количестве света, которое собирает теле-

скоп. Диаметр зрачка человеческого глаза ночью обычно не превышает 6 мм. Площадь его приблизительно равна 30 мм². Глаз способен видеть ночью звезды до 6-й звездной величины. Телескоп диаметром в 5 м имеет площадь объектива около 20 м² (20 000 000 мм²). В такой телескоп можно наблюдать звезды в 700 000 раз более слабые, чем видимые невооруженным глазом, т. е. в телескоп доступны наблюдению звезды около 21-й звездной величины!

Однако сделаем несколько оговорок. Во-первых, во всяком телескопе свет частично поглощается в линзах и не полностью отражается зеркалами. Эти потери света могут достигать 40%, что соответствует целой звездной величине. Во-вторых, наш вывод справедлив лишь при определенных увеличениях телескопа. При очень слабых увеличениях часть света звезды, как мы уже знаем*, может

* Продолжение. Начало см. «Земля и Вселенная», № 4 и № 5, 1968 г.

* См. «Земля и Вселенная», № 4, 1968 г., стр. 66.

не попасть в зрачок глаза наблюдателя. При очень больших увеличениях, когда изображение турбулентного диска звезды хорошо заметно и покрывает значительную часть сетчатки глаза, контраст изображения падает и слабые звезды перестают быть видимыми. Это напоминает видимость капли чернил в бочке воды. Сначала капля хорошо заметна. Но по мере разворота она будет увеличиваться в диаметре и бледнеть (хотя количество чернил не уменьшилось), пока не исчезнет вовсе.

Фотографирование с продолжительными экспозициями позволяет зарегистрировать еще более слабые звезды. На первый взгляд может показаться, что здесь нет предела: достаточно увеличить экспозицию в 100 раз — и мы сфотографируем в 100 раз более слабые объекты, т. е. продвинемся на 5 звездных величин. Однако и здесь есть предел, устанавливаемый фоном неба. Само небо светится. Это свечение вызывается всегда присутствующими слабыми полярными сияниями, рассеянием солнечного света в верхних слоях земной атмосферы и в околоземном космическом пространстве, рассеянием солнечного света межпланетной и даже межзвездной пылью.

ЯРКОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗВЕЗД И ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Новичок, впервые посмотревший на звезды в телескоп, бывает глубоко разочарован. Да, звезд видно значительно больше, они ярче, но они все такие же далекие, как и при наблюдении невоору-

женным глазом, только они не мерцают*. Другое дело — планеты и особенно Луна! На лунном диске в телескоп видны многочисленные детали, недоступные глазу. Ну, а какова яркость Луны, планет, или любого другого протяженного объекта при визуальном наблюдении?

Объектив телескопа в отличие от невооруженного глаза наблюдателя соберет во столько раз больше лунного света, во сколько площадь объектива больше площади зрачка глаза. Если диаметр объектива D , а диаметр зрачка глаза d_{Γ} , то это отношение будет:

$$\frac{D^2}{d_{\Gamma}^2}.$$

Если бы увеличение телескопа равнялось 1, то весь этот свет заполнил бы ту же площадь на сетчатке глаза, как и при наблюдении Луны без телескопа (кружок диаметром около 0,2 мм). Если увеличение телескопа в n раз больше, то весь этот свет заполнит на сетчатке кружок диаметром в n раз больше, причем площадь этого кружка будет в n^2 раз больше, а концентрация света и яркость — в n^2 раз меньше, чем при наблюдении Луны без телескопа. Если еще учесть, что в телескопе всегда имеются потери света, то для относительной яркости визуального изображения протяженного объекта на сетчатке глаза (по сравнению с наблюдением невооруженным глазом) можно написать выражение:

$$s = (1 - k) \frac{D^2}{d_{\Gamma}^2} \cdot \frac{1}{n^2},$$

где k — величина потерь света в телескопе.

См. «Земля и Вселенная», № 5, 1968 г., стр. 78.

Поскольку $\frac{D}{n} = d$, где d — диаметр выходного зрачка телескопа, получим:

$$s = (1 - k) \frac{d^2}{d_{\Gamma}^2}.$$

Таким образом, при визуальных наблюдениях относительная яркость протяженного объекта не зависит от светосилы (или относительного отверстия) телескопа, а только от диаметра выходного зрачка; последний, при данном диаметре объектива, зависит, конечно, от примененного окуляра, а значит, и от увеличения.

Эта же формула объясняет, почему в телескоп видны звезды не только ночью, но и днем. Ведь количество света, собираемое телескопом, увеличивается в равной мере и для звезды, и для фона неба. Но звезда остается точкой, а изображение фона заполняет большую поверхность сетчатки и тускнеет. По этой же причине днем Луна видна и глазом, и в телескоп одинаково плохо. Эти рассуждения о видимости звезд справедливы лишь при не очень больших увеличениях. Большое увеличение, как известно, приводит к тому, что изображение звезды становится дискообразным, и тогда к нему применимы все соображения, относящиеся к протяженным объектам.

Туманности являются слабыми протяженными объектами. Визуально наблюдать их предпочтительнее в телескопы с небольшим увеличением. Сравним два телескопа: один имеет объектив диаметром D_1 и фокусное расстояние объектива F_1 , а второй — объектив диаметром D_2 и фокусное расстояние объектива F_2 . Пусть относи-

тельные отверстия обоих телескопов одинаковы:

$$\frac{D_1}{F_1} = \frac{D_2}{F_2}.$$

Оба телескопа снабдим одинаковыми окулярами с фокусным расстоянием f . Тогда увеличение первого телескопа будет $n_1 = \frac{F_1}{f}$,

а второго — $n_2 = \frac{F_2}{f}$. Диаметр выходного зрачка в обоих телескопах одинаковый, так как для первого он равен

$$d_1 = \frac{D_1}{n_1} = \frac{D_1}{F_1} f,$$

а для второго

$$d_2 = \frac{D_2}{n_2} = \frac{D_2}{F_2} f$$

(мы приняли $\frac{D_1}{F_1} = \frac{D_2}{F_2}$). В

этих условиях относительная яркость той или иной туманности будет казаться при наблюдении в каждый из телескопов совершенно одинаковой, одинаковой будет и контрастность. Различимость

глазом контрастов возрастет, если мы увеличим освещенность сетчатки глаза. Для этого нужно применять телескопы с большим диаметром объектива или с меньшим увеличением (вплоть до минимального, определяемого формулой $n_{\min} = \frac{D}{6}$).

Мы подробно остановились на особенностях визуальных наблюдений потому, что именно ими, прежде всего, интересуются астрономы-любители и потому еще, что многие любители стремятся наблюдать с максимальным увеличением. И напрасно.

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ ЗВЕЗД И ТУМАННОСТЕЙ

Каким же условиям должны удовлетворять телескопы, предназначенные для фотографирования звезд и для

фотографирования протяженных объектов?

Пусть нам нужно сфотографировать область неба с предельно слабыми звездами. Вспомним, что телескоп собирает света тем больше, чем больше его диаметр, и что из-за дифракции, aberrаций и, главным образом, турбулентности атмосферы все звезды представляются в телескоп небольшими дисками диаметром около $1''$. Вспомним также, что звезды видны на фоне неба, которое, хотя и слабо светится, при длительных экспозициях все же способно завуалировать фотопластинку. Не забудем и то, что фотографическая эмульсия имеет зернистую структуру с размером зерен около $0,02-0,03$ мм.

Чтобы собрать от звезды побольше света, необходим большой телескоп. А чтобы «вредный» свет от фона неба распределить на возможно большую площадь и тем «разжигить» его, следует максимально увеличить масштаб изображения на фотопластинке, а для этого требуется длиннофокусный объектив. Однако изображение предельно слабых звезд на фотопластинке остается точечным и свет не распределяется между несколькими зернами эмульсии, если турбулентный диск α звезды (в лучшем случае $\alpha = 1''$) покрывает всего одно зерно эмульсии (поперечник изображения составляет, скажем, $\delta = 0,03$ мм). Следовательно, фокусное расстояние F не должно превышать $206\,265 \frac{\delta}{\alpha} =$

6 м. Большой телескоп (с диаметром объектива 3—5 м) трудно сделать столь короткофокусным, и изображения даже самых слабых звезд

всегда получаются в виде небольших кружков. Из этого видно, что при фотографировании звезд телескопами умеренных размеров следует применять оптику с большим фокусным расстоянием.

Совсем иначе обстоит дело, если мы фотографируем протяженные объекты. Концентрация света на фотопластинке в фокальной плоскости телескопа будет тем выше, чем больше света соберет объектив (т. е. пропорциональна D^2) и чем по меньшей площади фотопластинки он распределится (т. е. обратно пропорционально F^2):

$$s = (1 - k) \frac{D^2}{F^2},$$

где k — величина потерь в оптике, $\frac{D}{F}$ — относительное отверстие телескопа. Отношение $\frac{D^2}{F^2}$ называется светосилой телескопа.

Таким образом, концентрация света от протяженного объекта на фотопластинке определяется только светосилой объектива. Любитель-астроном крошечным объективом любительского фотоаппарата «ФЭД» с относительным отверстием 1:3,3 может снять любую протяженную туманность, доступную 5-метровому гиганту обсерватории Маунт Паломар, у которого относительное отверстие также равно 1:3,3. И продолжительность экспозиции, которая требуется любителю, будет такой же, какая нужна американскому астроному (конечно, при условии использования фотоматериала одинаковой чувствительности), и плотность изображения на обоих негативах получится одинаковой. Это звучит парадоксально, но это так.

«Значит, при фотографировании туманностей большие телескопы ничего не дают», — скажет читатель. Нет, это не совсем так. Негативы, полученные камерой «ФЭД», будут подобны негативам паломарского телескопа, но вместе с тем они различаются масштабом, который для паломарского телескопа во столько раз крупнее, во сколько его фокусное расстояние больше фокусного расстояния камеры «ФЭД». А следовательно, и разре-

ние деталей, обусловленное дифракцией света, атмосферной турбулентностью, зернистостью фотоматериала и aberrациями оптики, для большого телескопа будет выше, т. е. подробностей на фотографии, снятой крупным телескопом, будет больше, чем на фотографии, полученной маленьким телескопом или фотоаппаратом.

Итак, при визуальных наблюдениях не следует применять чрезмерные увеличения, которые делают особен-

но заметными все недостатки изображения, не улучшая видимости деталей; слабые звезды лучше фотографировать на телескопах возможно большего диаметра; при фотографировании комет, туманностей и других слабых протяженных объектов важна светосила телескопа и крупный масштаб, а потому и для этого также необходимы большие телескопы.

*(Продолжение
в следующем номере)*

Периодические кометы в 1969 году

Из 88 известных в настоящее время комет с периодами обращения меньше 17 лет (кометы семейств Юпитера и Сатурна) в 1969 г. через перигелий будут проходить только 5 комет: Хэррингтона — Эйбелла (1962 II), Хонда — Мркоса — Пайдушаковой (1964 VII), Фая (1962 VII), Андерсена (1963 IX) и Комас-Сола (1961 III)*.

Однако в действительности в 1969 г. астрономы будут наблюдать большее количество комет. Прежде всего, они будут следить еще за некоторыми кометами, проходившими через перигелий в 1968 г. (например, комета Перрайна — Мркоса), а также за кометой Швассмана — Вахмана I, которая может наблюдаться во всех точках своей, почти круговой, орбиты.

* Как известно, астрономы называют периодические кометы по имени первых открывателей или вычислителей орбит комет, а различные появления обозначают номером года и числом (римскими цифрами), отмечающим порядок прохождения комет данного года через перигелий. Поэтому после наименования кометы мы привели их обозначения при последних появлениях.

Некоторые из комет, приближающиеся к Солнцу в 1970 г., также, возможно, будут пересмотрены и смогут наблюдаться еще в 1969 г. А 1970-й год очень богат возвращением короткопериодических комет. Их можно насчитать не менее 10: Понса — Виннеке, Копфа, Уишпла, Неуймина 2, Д'Арре, Джонсона, Вейсала, Вильсона — Хэррингтона, Хэррингтона — Вильсона, Слотера — Бэрнхема. Не все эти кометы, вероятно, будут открыты, так как многие из них уже значительно ослабели, потеряв большую часть находившихся в их ядрах замороженных газов; но некоторые, возможно, будут видны в 1969 г. в большие телескопы.

Наконец, можно рассчитывать и на открытия новых — как короткопериодических, так и долгопериодических и почти параболических комет. В среднем, ежегодно открываются две новые кометы с очень вытянутыми орбитами (почти параболическими), а раз в три года — две короткопериодические. В последнее время число новых открытий очень возросло: например, на протяжении 1961—1965 гг. было открыто 20 новых комет, из них 5 короткопериодических.



Октябрь 12

Октябрь 18

Ноябрь 3 1961

КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКАЯ КОМЕТА ШВАССМАНА — ВАХМАНА I. На составной фотографии видны три изображения кометы (на пересечении линий), полученные 12 и 18 октября и 3 ноября 1961 г. За это время комета вспыхнула, а яркость ее возросла в несколько сотен раз

Познакомимся с историей тех периодических комет, которые будут проходить через перигелий в 1969 г. *

Комета Хэррингтона — Эйбелла была открыта впервые в 1955 г. и имела предварительное обозначение 1955a (первая комета из открытых или переткрытых в 1955 г.). Комету обнаружили на фотографии, полученной 22 марта на 120-сантиметровом телескопе системы Шмидта в обсерватории Маунт Паломар. Комета выглядела диффузной туманностью 17-й звездной величины с центральным сгущением и слабым хвостом. Эта комета — очень слабая, ее абсолютная величина равна 14^m,8. Комета получила окончательное обозначение 1954 XIII, поскольку проходила через перигелий 13 декабря 1954 г. и была тринадцатой по счету в этом году.

В следующем появлении эта комета была открыта по эфемериде Хасегава любителем астрономии Аланом Мак-Клюром (Голливуд) 26 января 1962 г. В это время она имела блеск 17^m. Еще в апреле и мае комета наблюдалась в самые большие телескопы, будучи 19—20-й звездной величины. Абсолютная ве-

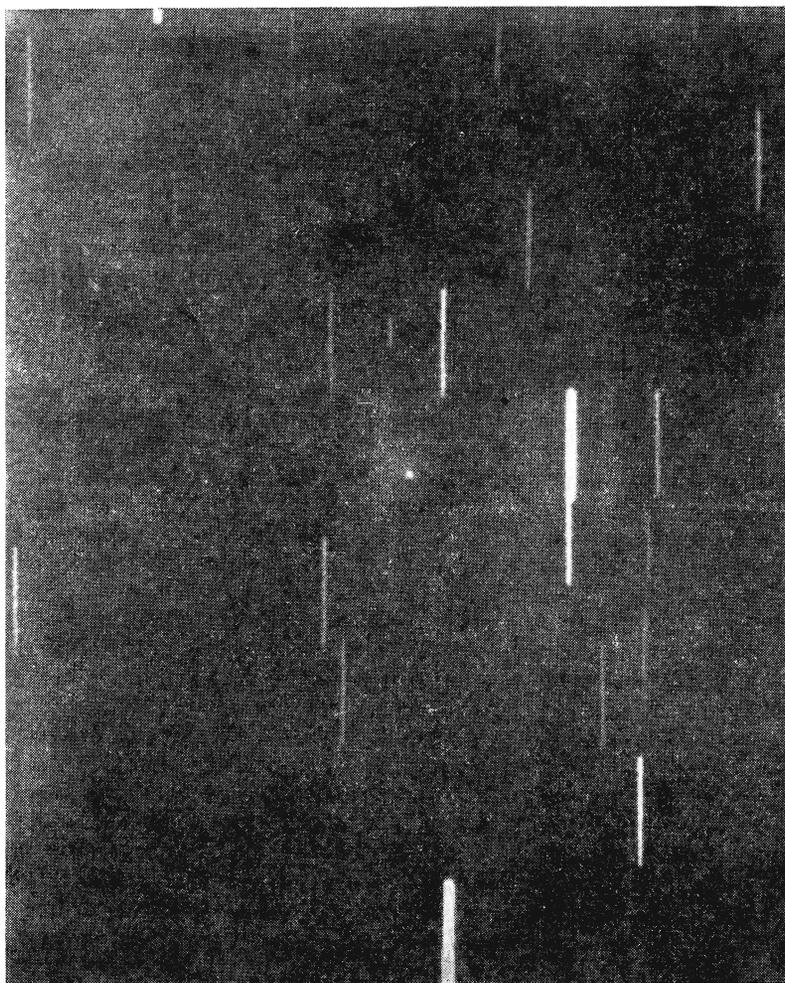
личина оказалась 15^m,4, что указывало на истощение замороженных газов в комете. В 1969 г. комета пройдет перигелий в середине мая и будет довольно благоприятно расположена на небе в созвездиях Тельца и Близнецов. Поэтому есть надежда, что ее вновь удастся обнаружить, правда только в самые большие телескопы.

Комета Хонда — Мркоса — Пайдушакковой была впервые открыта в начале декабря 1948 г. как сравнительно яркий объект (9^m) без ядра и хвоста. 3 декабря ее нашел любитель астрономии Хонда в Японии; 6 декабря комету открыли независимо Пайдушакова и Мркос на обсерватории Скалнате-Плесо (Чехословакия), знаменитой своими открытиями и наблюдениями комет. Комета получила предварительное обозначение 1948n и окончательное 1948 XII. После периода значительной яркости комета довольно быстро ослабела и уже в январе 1949 г. имела 17-ю звездную величину. Каннинггэм установил короткопериодический характер ее орбиты с перигелийным расстоянием всего 0,55 а. е. и эксцентриситетом 0,82. Абсолютная величина кометы оказалась 12^m. В следующем появлении, в 1954 г. комета была обнаружена Митани на обсерватории Киото 28 января и получила предварительное обозначение 1954 a (окончательное — 1954 III). Она выглядела

* Подробнее см. С. К. Всехсвятский. Физические характеристики комет, наблюдавшихся в 1954—1960 гг. «Наука», М., 1966.

диффузным объектом $8-9^m$ и наблюдалась вплоть до апреля, но уже значительно ослабевшей ($17-18^m$). Было найдено, что абсолютная величина кометы равна $12^m,1$. В третьем возвращении, в 1959 г. комета не наблюдалась из-за неблагоприятных условий (в период прохождения через перигелий она была за Солнцем). Но 14 июня 1966 г. ее нашла Э. Ремер. Комета имела 14-ю звездную величину и получила предварительное обозначение 1964 d, окончательное — 1964 VII. Хотя было проведено всего несколько наблюдений кометы, удалось исправить ее орбиту. В 1969 г. комета пройдет через перигелий в конце августа или в сентябре. Условия для наблюдений будут значительно более благоприятными, чем в 1959 г.

Комета Фая — одна из старых короткопериодических комет и наблюдалась уже в 15 появлениях. Впервые она была открыта известным парижским астрономом Фаем 22 ноября 1843 г. как очень яркий, видимый даже невооруженным глазом объект с небольшим хвостом и блестящим ядром. Комета наблюдалась на всех европейских обсерваториях, но наиболее обстоятельно Отто Струве в Пулкове на 38-сантиметровом рефракторе. Абсолютная величина кометы в этом появлении достигала $4^m,2$. Комета наблюдалась почти во всех следующих возвращениях (кроме 1903 и 1917 гг.). Блеск ее быстро ослабевал: абсолютная величина в 80-х годах равнялась $7^m,8$, в первых двух десятилетиях нашего века 10^m , в 1955 г. — $11^m,1$, в 1961—1962 гг. —



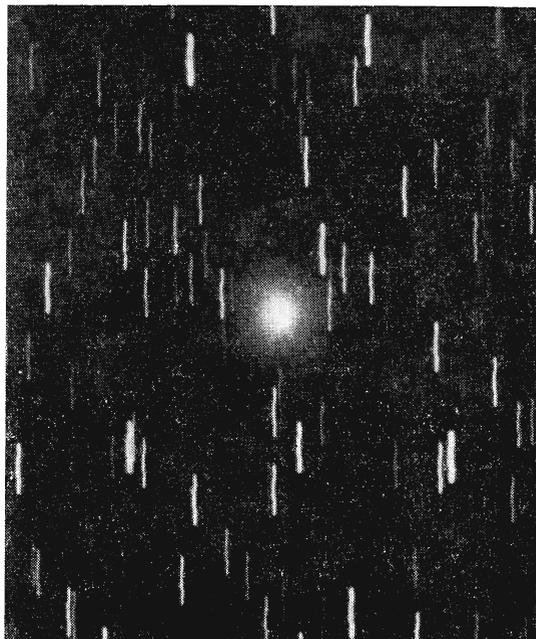
КОМЕТА ЭНКЕ. Фотография получена 10 ноября 1960 г. на 40-дюймовом рефлекторе Флагстаффской станции Морской обсерватории (США). Комета около 16^m

12^m,5. В этом последнем появлении комета была открыта Э. Ремер 5 июля по эфемериде советского астронома Ф. Б. Ханиной (Институт теоретической астрономии) и имела 17—18^m; у кометы наблюдался слабый хвост и очень резкая конденсация. Несмотря на быстрые изменения абсолютного блеска кометы (истощение «запасов» метано-аммиачного льда), орбита ее почти не менялась в течение 120 лет. Это говорит о совсем недавнем образовании кометы.

В 1969 г. комета Фая пройдет через перигелий в конце сентября — начале октября. Условия для наблюдений будут благоприятны, так как комета будет находиться в этот период в созвездии Тельца. Правда, она не сможет быть ярче 14—15^m, поэтому будет доступна лишь большим телескопам.

Комету Андерсон обнаружила в 1967 г. на четырех фотографиях 1963 г., сделанных на телескопе системы Шмидта обсерватории Маунт Паломар, Андерсон — сотрудница университета штата Миннесота. Основанная на четырех наблюдениях эллиптическая орбита определяется очень неуверенно, а поэтому мало шансов обнаружить эту комету в 1969 г. Тем более, в период прохождения через перигелий (т. е. во время наибольшей яркости) комета может оказаться за Солнцем. Но если ее действительный период обращения больше принятого вычислителями и комета пройдет через перигелий в ноябре — декабре, ее можно будет обнаружить на небе в виде объекта 15—16-й звездной величины.

Комета Комас-Сола с периодом в 8,6 года наблюдалась уже в пяти появлениях. Комету открыл 5 ноября 1926 г. (1926 f) за несколько месяцев до прохождения ею перигелия астроном Барселонской обсерватории Комас-Сола (окончательное обозначение 1927 III). Позднее она была обнаружена на пластинках, снятых Г. Н. Неуйминым в Симеизской обсерватории на два часа раньше, чем в Барселоне. Комета имела довольно устойчивый блеск 12^m и небольшой слабый хвост. Орбита кометы была изучена Винтер-Ганзен, которая показала, что в мае 1912 г. комета должна была находиться в тесном сближении с Юпитером. Абсолютная величина кометы 9^m,0. В следующем появлении комета была открыта Джефферсом (1935 c = 1935 IV) 12 августа 1935 г. и наблюдалась по 16 июля 1936 г. Яркость ее уменьшилась с 12^m до 18^m. Абсолютная величина, согласно С. К. Всехсвятскому, была 9^m,6.



КОРТОКОПЕРИОДИЧЕСКАЯ КОМЕТА ФИНЛЕЯ. Фотография получена 26 сентября 1960 г. на однометровом рефлекторе. Интегральный блеск кометы соответствовал 11^m,5

2 октября 1943 г. комета была открыта Отерма в Финляндии. Ее наблюдали на многих обсерваториях до середины февраля 1944 г. Яркость ее в это время составляла 14—12^m. Абсолютная величина сохранялась на уровне первого появления.

В следующем появлении комету Комас-Сола открыл Каннингэм 7 июля 1951 г. (1951h = 1952 VII). Она была еще слабой (19^m), но в конце 1952 г. достигла 13—14^m и у нее был замечен хвост. Последние наблюдения кометы проводились 3 июля 1953 г., когда ее блеск был 18^m. Абсолютная величина кометы в этом появлении равнялась 9^m,7.

В последнем появлении комету нашли Э. Ремер и Б. Марсден 29 июня 1960 г. (1960f = 1961 III). Она была видна по апрель 1962 г., причем было отмечено ослабление ее блеска по сравнению с предыдущими появлениями почти на 1,5—2^m.

В 1969 г. прохождение через перигелий кометы Комас-Сола придется на начало ноября. Комету можно будет наблюдать в кон-

це года в созвездиях Рака и Близнецов, но только с большими телескопами.

Из комет, проходящих перигелий в 1970 г., некоторые, по-видимому, будут открыты в конце 1969 г. К таким кометам, возможно, относится и комета Джонсона.

Комета Джонсона была впервые открыта на обсерватории в Йоганнесбурге (Южная Африка) 25 августа 1949 г. (1949 d = 1949 II). На пластинках комета выглядела как диффузный объект с центральным сгущением и общим блеском в $13^m,7$. Двигаясь на южном небе, она постепенно ослабевала и в ноябре достигла 16^m . Короткопериодический характер ее орбиты ($P=6,9$ года) был выяснен Каннингэмом. Оказалось, что комета должна была находиться в тесном сближении с Юпитером за 2,5 оборота до открытия в 1931 г.

Абсолютная величина кометы в первом появлении $9^m,6$.

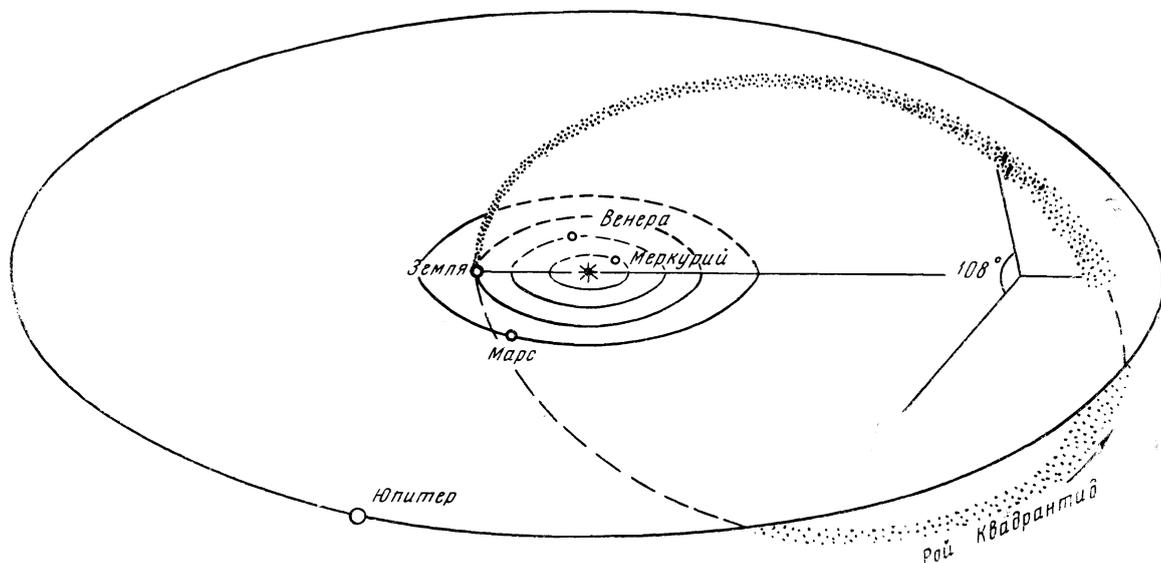
В 1956 г. при следующем возвращении к Солнцу комета была переоткрыта Брувером (Йоганнесбург) и наблюдалась в Америке и Африке. Абсолютная величина ее была уже $10^m,1$, т. е. комета несколько ослабела. В третий раз комета была переоткрыта в апреле 1963 г. Э. Ремер (1963 IV) и была видна до января 1964 г. Абсолютная величина ее уменьшилась до 11^m , т. е. комета снова ослабела почти в 2 раза. На пластинках, полученных на большом телескопе, был замечен слабый хвост. Комета пройдет через перигелий в конце апреля 1970 г.

С. К. ВСЕХСВЯТСКИИ
профессор

Метеорные потоки в январе — феврале 1969 года

В начале января действует один из наиболее активных метеорных потоков северного полушария — Квадрантиды. Его радиант расположен между созвездиями Дракона и

Волопаса: $\alpha = 15^h26^m$, $\delta = +51^\circ$. Находящаяся здесь группа звезд объединялась раньше в созвездие Квадранта, именем которого и назван поток.



РОЙ КВАДРАНТИД и планеты солнечной системы 3 января 1969 г.

Рой метеорных тел Квадрантид растянут вдоль орбиты, плоскость которой почти перпендикулярна плоскости эклиптики. Движение частиц прямое. Они встречают Землю примерно через две недели после прохождения перигелия. Близ афелия частицы подходят к орбите Юпитера, и потому подвержены действию его возмущающих сил. Комета — родоначальница роя — не известна. Параметры Квадрантид:

Большая полуось орбиты	$a = 2,8$ а. е.
Малая полуось орбиты	$b = 2,2$ а. е.
Эксцентриситет	$e = 0,63$
Наклонение	$i = 72^\circ$
Перигелийное расстояние	$q = 0,97$ а. е.
Долгота восходящего узла	$\Omega = 283^\circ$
Аргумент перигелия	$\omega = 171^\circ$
Гелиоцентрическая скорость метеоров	$V_h = 33,2$ км/сек
Геоцентрическая скорость метеоров	$V_g = 40,9$ км/сек
Скорость вхождения в атмосферу	$V_\infty = 42,6$ км/сек

В районе земной орбиты толщина роя невелика. Земля погружается в него всего на сутки, а наиболее плотную часть роя проходит за 5—6 часов. Поэтому продолжительность действия потока мала. Максимум наступает при долготе Солнца $282^\circ,5$ (3—4 января). Он очень острый. Впечатление усиливается из-за того, что в центральной части роя расположе-

ны более крупные тела, увеличивающие на 1—1,5 часа долю ярких метеоров. Иногда максимум приходится на темное время суток в малонаселенных местах и остается незамеченным. Это создает кажущееся изменение активности потока от года к году. Во время максимума наблюдается 30—40 метеоров в час, а иногда и более 100.

Метеорные тела Квадрантид влетают в земную атмосферу со скоростью около 43 км/сек. Более крупные, которые порождают метеоры, видимые простым глазом, приносят вблизи максимума около $2 \cdot 10^{-7}$ г метеорного вещества в 1 секунду на каждый квадратный километр земной поверхности, а всего за одно прохождение роя на Землю выпадает около 0,5 т метеорных тел.

В 1969 г. Земля пройдет наиболее плотную часть роя 3 января около 9 часов утра по московскому времени.

Кроме Квадрантид в январе — феврале можно наблюдать большое число слабых потоков, среди которых — замечательный поток болидов с радиантом около звезды η Кита (23—28 января) и Кома-Беренициды (13—23 января). Последний — поток очень быстрых метеоров ($V_\infty = 65$ км/сек), обладающих обратным движением ($i = 130^\circ$) и малым перигелийным расстоянием ($q = 0,5$ а. е.). По-видимому, он связан с кометой 1913 I.

А. Н. СИМОНЕНКО
кандидат физико-математических наук

Графики видимости планет на 1969 год

Вниманию читателей предлагаются четыре графика видимости ярких планет — Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна — на 1969 год для широт 50 и 56° .

На графиках по горизонтали отложены месяцы, по вертикали — часы суток. Штрихи сделаны для ночи на первое число месяца, т. е. на нижней шкале они соответствуют нулевому числу месяца (последнему числу предшествующего месяца), а на верхней — первому числу месяца. Время отсчитывается снизу — вверх от 12^h до 12^h . В центре графиков горизонтальной линией отмечена полночь.

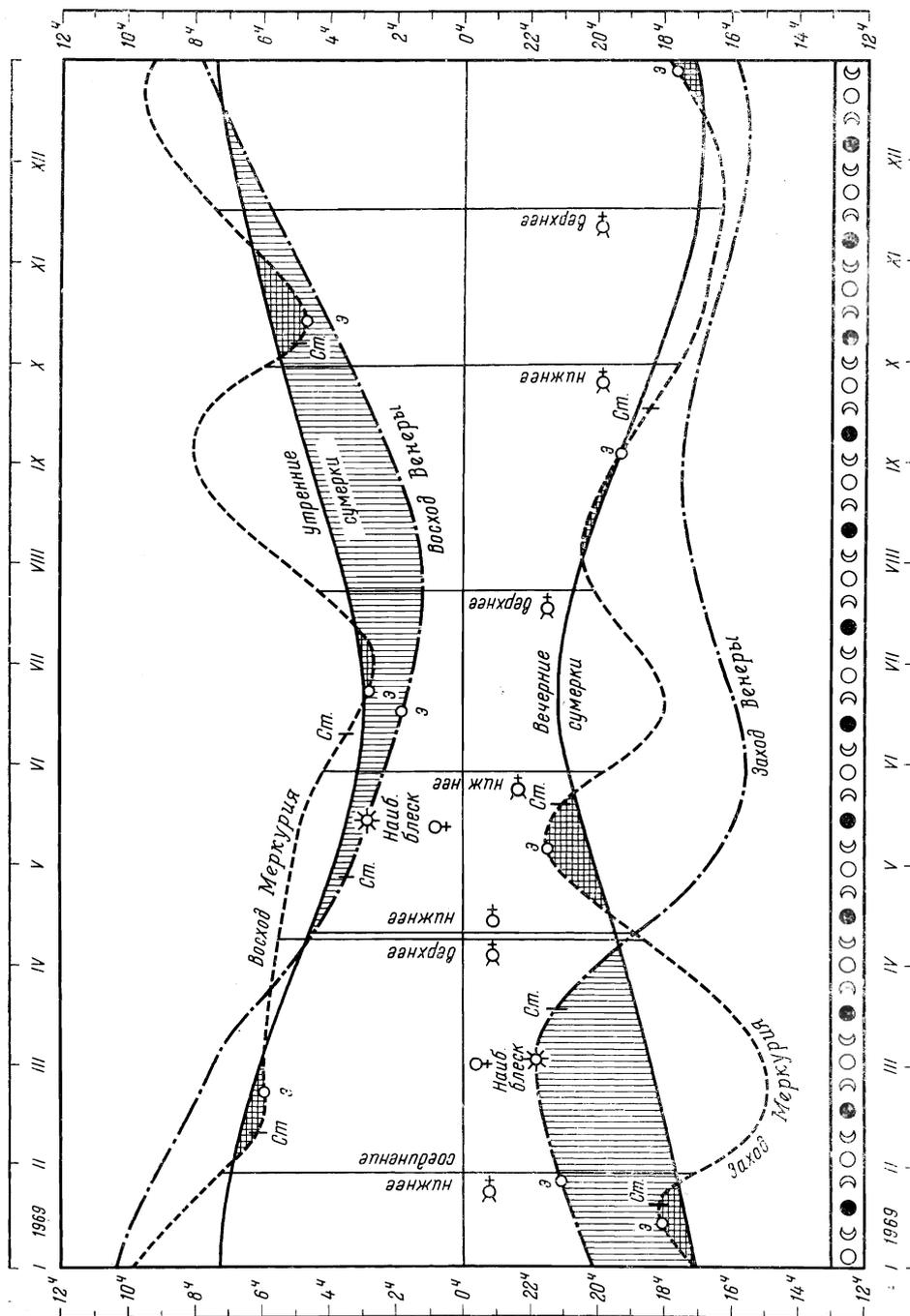
Ниже и выше нее волнистыми сплошными линиями обозначены моменты окончания вечерних и начала утренних сумерек, соответствующие положению Солнца на 7° под горизонтом, когда появятся на вечернем небе или станут невидимыми на утреннем небе звезды и планеты.

На графиках Меркурия и Венеры нанесены зигзагообразными линиями моменты восхода и захода планет. На линиях восхода и захода штрихами отмечены моменты элонгаций (ϵ) и стояний ($ст$), а для Венеры — и моменты наибольшего блеска (\ast). Вертикально про-

веденные прямые соответствуют датам нижних и верхних соединений планет с Солнцем. Планеты обозначены обычными значками: Меркурий — ☿ и Венера — ♀.

На графиках Марса, Юпитера и Сатурна нанесены наклонными линиями моменты вос-

ходов, кульминаций и заходов планет. На линиях восхода и захода штрихами отмечены моменты стояний (ст), вертикальными линиями — даты противостояний Юпитера (♃♁), Марса (♂♁) и Сатурна (♄♁), а штрихами на линии полуночи —



ВИДИМОСТЬ МЕРКУРИЯ И ВЕНЕРЫ В 1969 ГОДУ НА ШИРОТЕ 50°

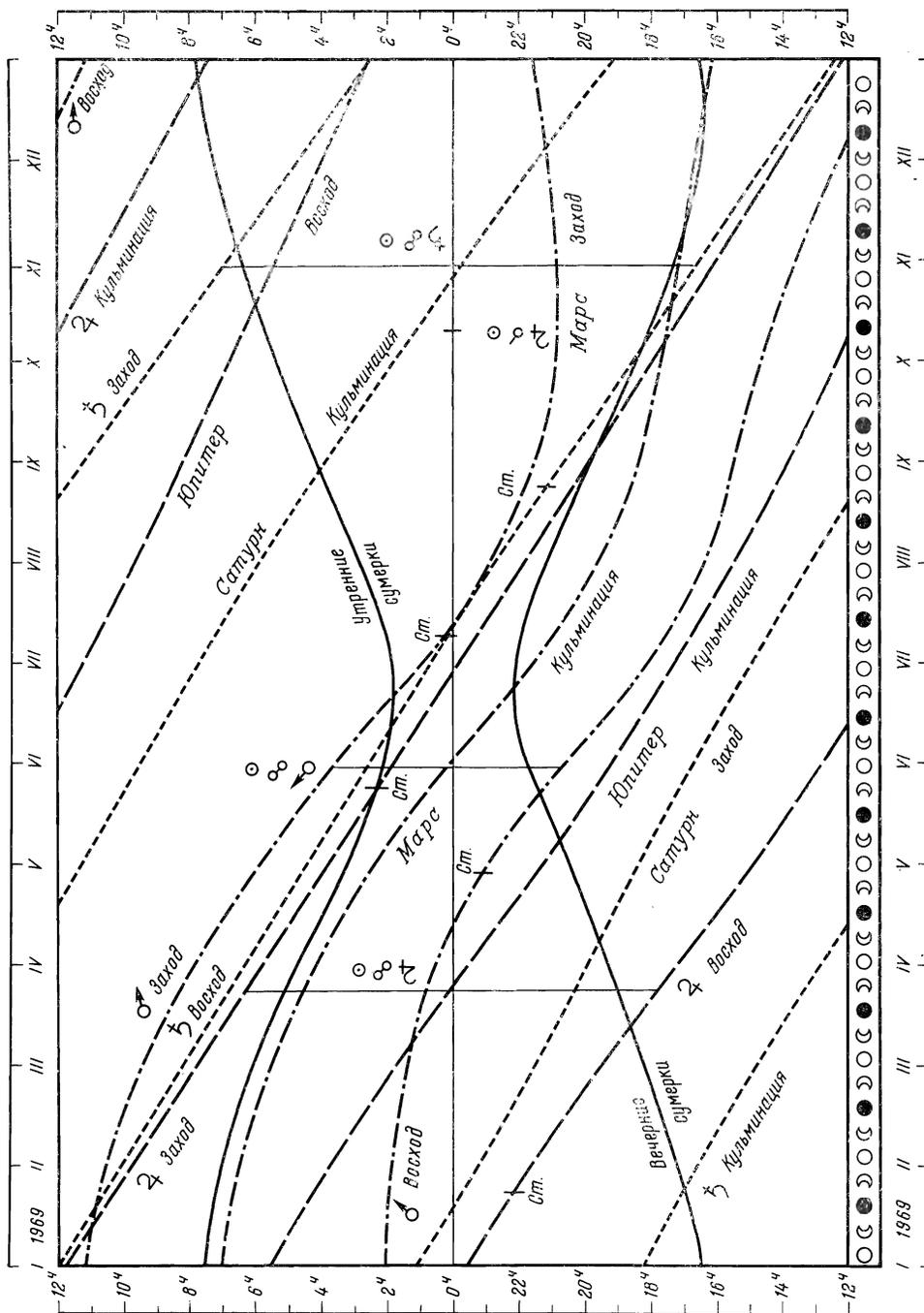
даты соединений с Солнцем Сатурна ($\text{♄} \text{♁} \text{♁}$) и Юпитера ($\text{♃} \text{♁} \text{♁}$).

В нижней части всех четырех графиков приведены даты фаз Луны.

Чтобы определить, видна или не видна планета такого-то числа месяца, надо сопоста-

вить моменты восхода и захода с интервалом ночного времени. Время после восхода планеты и до ее захода, совпадающее с ночным временем, и будет временем видимости планеты.

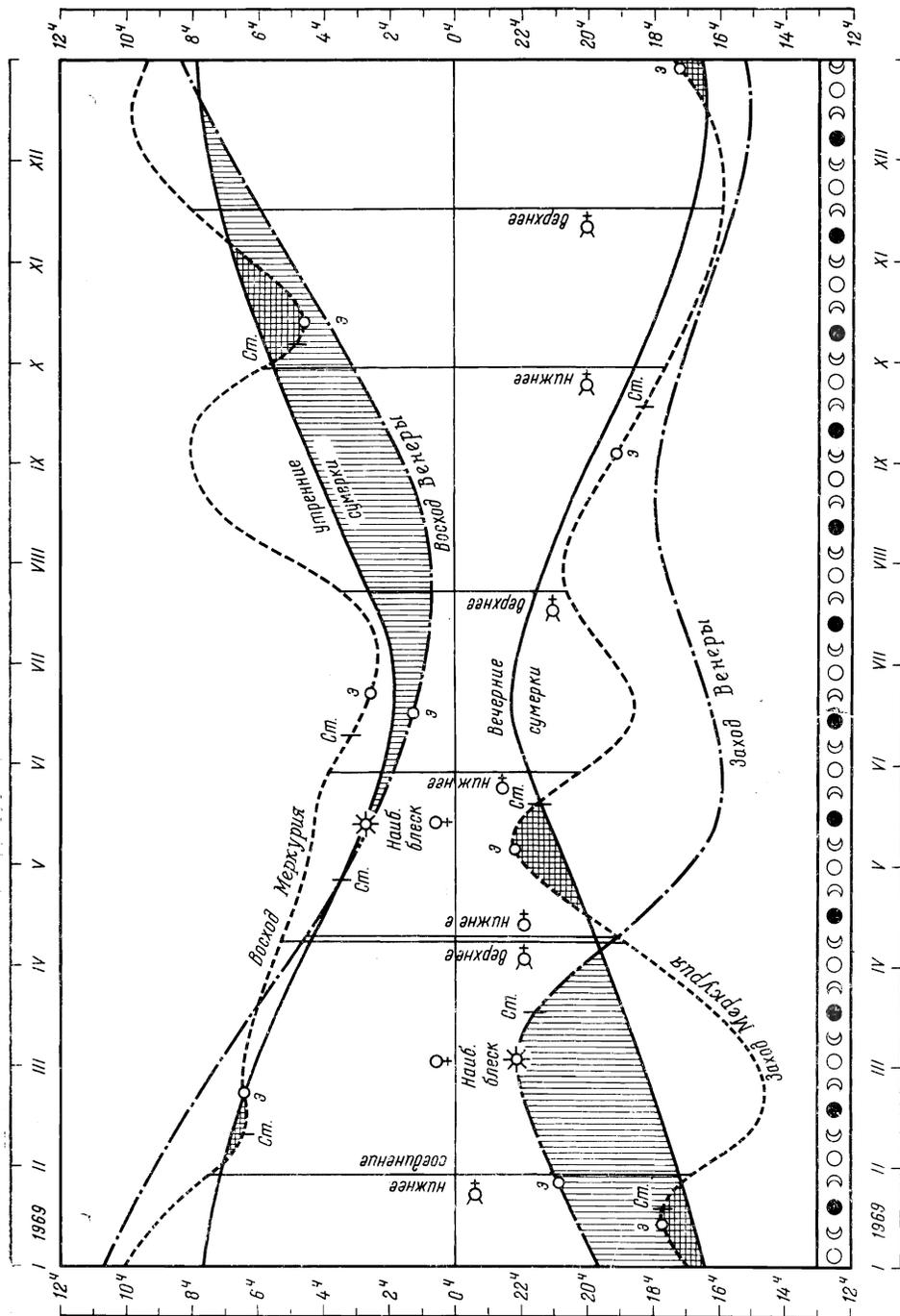
Моменты восходов и заходов планет, суме-



ВИДИМОСТЬ МАРСА, ЮПИТЕРА И САТУРНА В 1969 ГОДУ НА ШИРОТЕ 50°

рек и других явлений даны по местному среднему времени, которое, вообще говоря, отличается от декретного времени на величину поправки, равную $n + 1 - \lambda$ (n — номер часового пояса, λ — географическая долгота, выраженная в часах и минутах). Например, для

Москвы ($n=2$; $\lambda=2^{\text{ч}}30^{\text{м}}$) эта поправка равна $+30^{\text{м}}$. Для Новосибирска ($n=6$; $\lambda=5^{\text{ч}}32^{\text{м}}$) поправка будет равна $+1^{\text{ч}}28^{\text{м}}$. Чтобы пользоваться графиками, нужно предварительно знать географические координаты данного места (широту и долготу). По графикам мож-

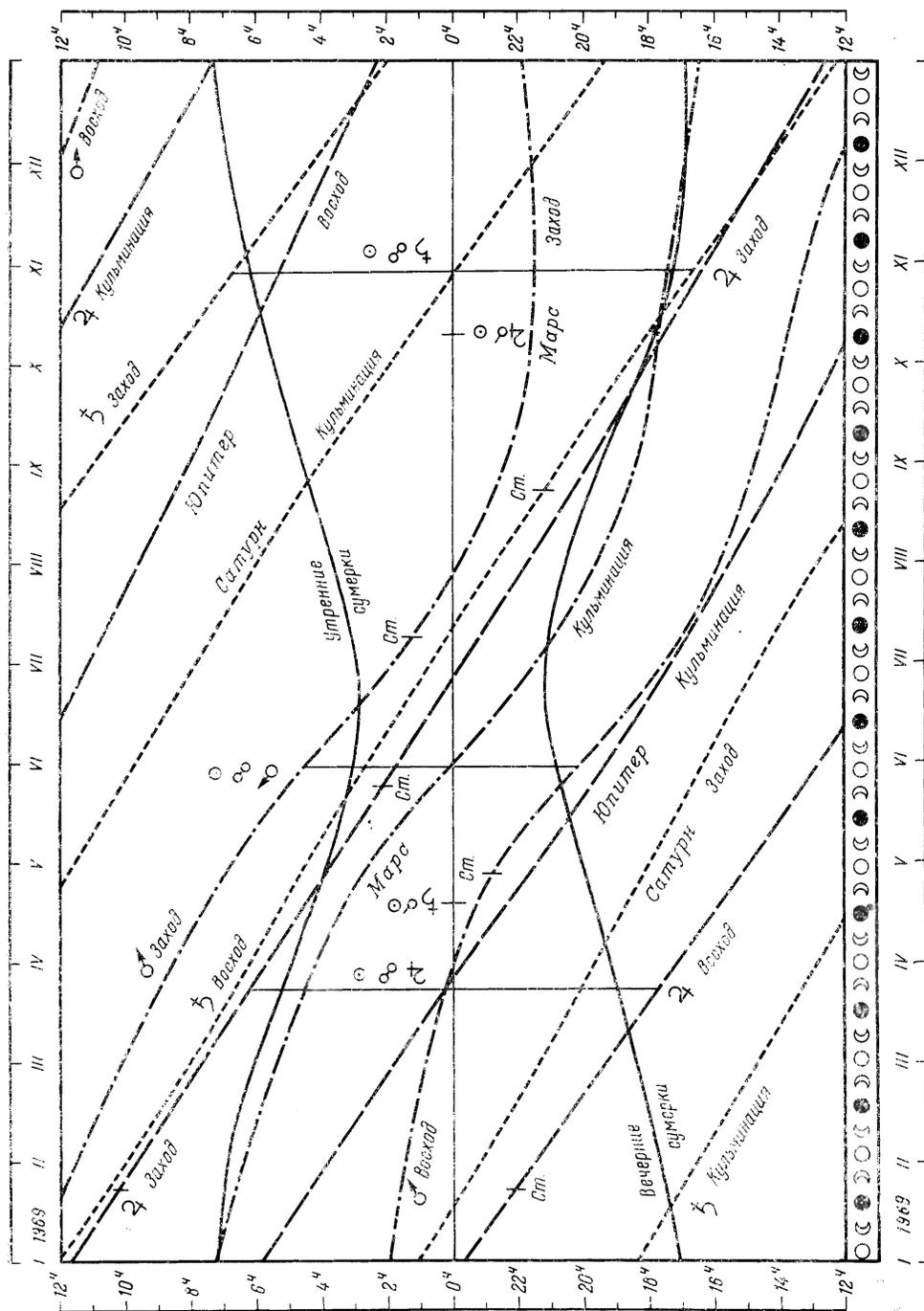


ВИДИМОСТЬ МЕРКУРИЯ И ВЕНЕРЫ В 1969 ГОДУ НА ШИРОТЕ 56°

по отсчитать моменты с точностью до 6^м (0^ч,1).

Пусть, например, мы хотим узнать обстоятельства видимости планет 10 мая 1969 г. в Харькове (широта 50°, долгота 2^ч25^м, поправка +35^м). Проведя на графике 50° вертикаль-

ную линию, соответствующую 10 мая (1/3 расстояния между 1 мая и 1 июня), мы увидим, что вечерние сумерки заканчиваются в 20^ч,4 местного времени, Меркурий заходит в 21^ч,6, Венера восходит в 3^ч,0 и приближается к моменту наибольшего блеска, утренние



ВИДИМОСТЬ МАРСА, ЮПИТЕРА И САТУРНА В 1969 ГОДУ НА ШИРОТЕ 56°

сумерки начинаются в 3^ч,6. Взяв следующий график, мы увидим, что кульминация Юпитера наступает в 20^ч,7, Марс восходит в 21^ч,9, и кульминирует в 1^ч,9, Юпитер заходит в 3^ч,0, а Сатурн восходит в 3^ч,9, т. е. уже в сумерках. Прибавляя к найденным моментам по 35^м или по 0^ч,6, найдем, что в Харькове 10 мая 1969 г. Меркурий виден вечером с 21^ч,0 до 22^ч,2; Венера — утром с 3^ч,6 до 4^ч,2; Марс — ночью с 22^ч,5 до 4^ч,2; Юпитер — вечером с 21^ч,0 до 3^ч,6, а Сатурн не виден.

Если пункт расположен между широтами 50 и 56°, необходимые моменты можно отсчитать по обоим графикам и проинтерполировать их для нужной широты. Если же пункт расположен южнее 50° или севернее 56°, то по графикам ближайшей широты можно лишь узнать, видна ли планета по вечерам, ночью или утром. В помощь читателям предлагается таблица 1, показывающая, как отличаются моменты восходов и заходов планет для широты 45° (Крым, Кавказ) по сравнению с ши-

Таблица 1

Склонение планеты	Восход	Заход
+24°	-24 ^м	+24 ^м
+20	-18	+18
+16	-14	+14
+12	-10	+10
+ 8	- 6	+ 6
+ 4	- 3	+ 3
0	0	0
- 4	+ 3	- 3
- 8	+ 6	- 6
-12	+10	-10
-16	+13	-13
-20	+17	-17
-24	+22	-22

ротой 50°, в зависимости от склонения планет. Склонение планеты можно определить по картам видимых путей планет.

Карта видимых путей планет на 1969 год

Карта видимых путей планет охватывает две зоны зодиакального пояса: зимнего звездного неба (прямые восхождения от 0^ч до 12^ч, склонения от +35° до -10°) и летнего звездного неба (прямые восхождения от 12^ч до 24^ч, склонения от +10° до -35°). По горизонтали справа — налево отсчитываются ча-

сы и минуты прямого восхождения, по вертикали — склонение.

Звезды нанесены до 4,0-й звездной величины, что дает возможность различить конфигурацию созвездий. Видимые пути планет начерчены различными линиями: Меркурий (☿) — пунктиром, Венера (♀) — точкой и тире, а Марс (♂), Юпитер (♃), Сатурн (♄), Уран (♅), Нептун (♆) и Плутон (♇) — сплошными линиями.

Римскими цифрами обозначены положения планеты на первое число месяца. В некоторых случаях направление движения показано стрелкой.

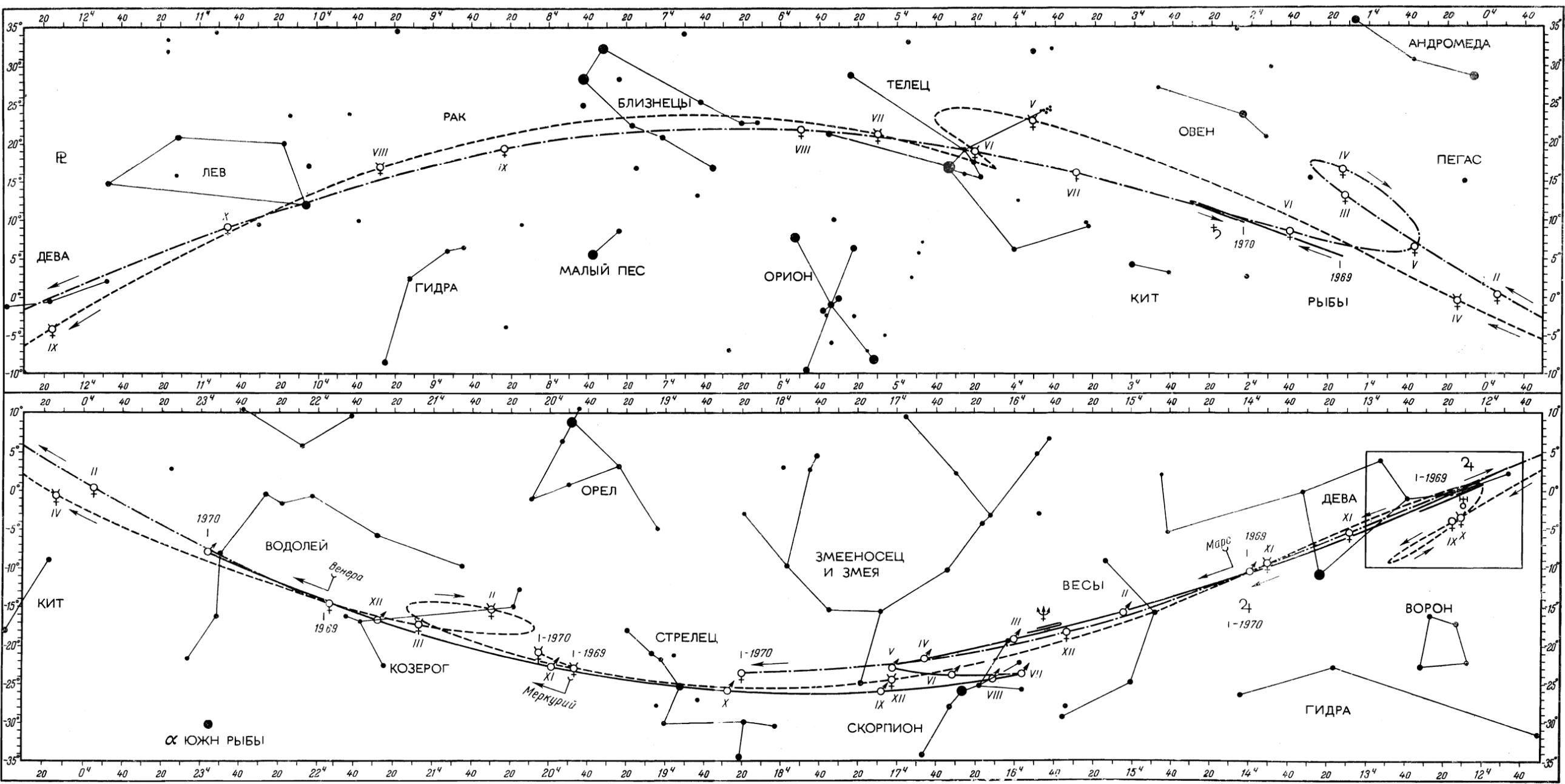
Положения Солнца и Луны на карте не даны. Полезно знать данные о Солнце, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

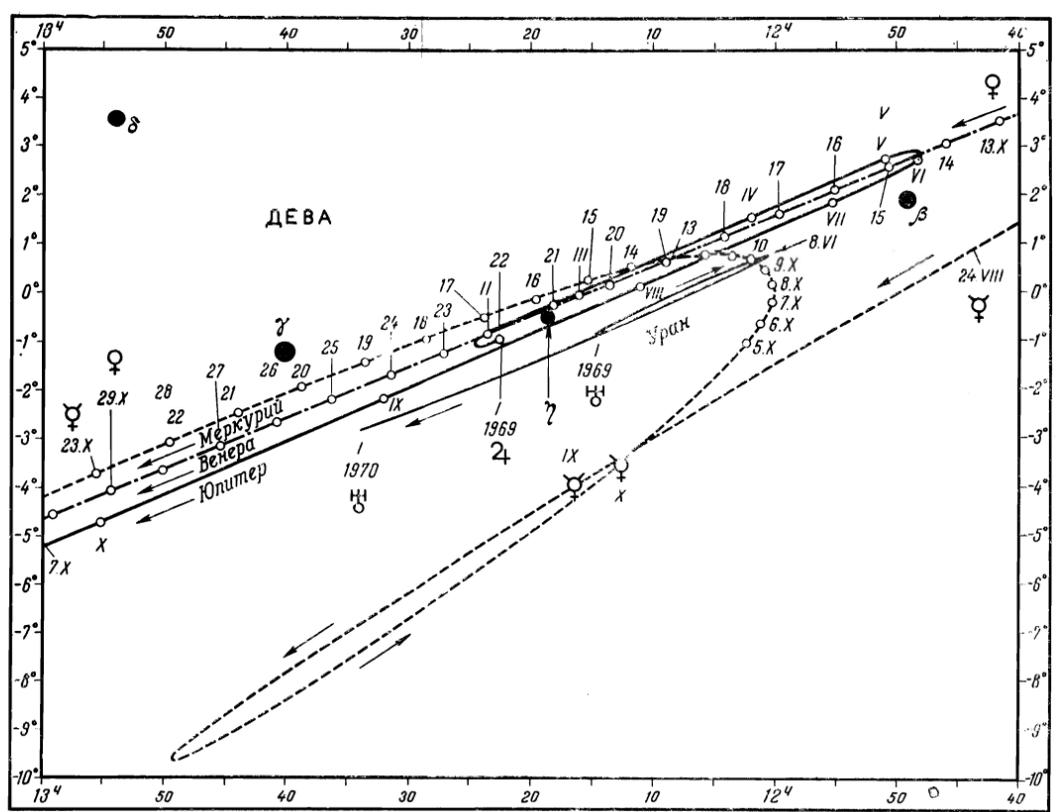
Дата	Прямое восхождение		Созвездие
	часы	минуты	
1 января	18	45	Стрелец
1 февраля	20	58	Козерог
1 марта	22	47	Водолей
1 апреля	0	41	Рыбы
1 мая	2	32	Овен
1 июня	4	35	Телец
1 июля	6	39	Близнецы
1 августа	8	44	Рак
1 сентября	10	40	Лев
1 октября	12	28	Дева
1 ноября	14	24	Весы
1 декабря	16	28	Скорпион

Участок неба между 11^ч40^м и 13^ч00^м прямого восхождения и между +5° и -10° склонения, где весной проходят Юпитер и Уран, а осенью к ним присоединяется Меркурий и Венера, дан отдельно в более крупном масштабе (на общей карте этот участок обведен рамкой).

Положение Меркурия в эпоху его утренней видимости на каждый день с 5 по 23 октября 1969 г. отмечено кружками и датами; положение Венеры с 13 по 30 октября тоже отмечено кружками и датами на каждый день. На видимом пути Юпитера кружками указаны первые числа каждого месяца по 1 октября, а на видимом пути Урана — только даты 1 января 1969 г., 8 июня (стояние) и 1 января 1970 г. Уран по своему блеску приравнивается к звездам 6-й величины и его можно наблюдать в бинокль. Для его поисков хорошими ориен-



КАРТА ВИДИМЫХ ПУТЕЙ ПЛАНЕТ НА 1969 ГОД
(К статье В. С. ЛАЗАРЕВСКОГО)



Выделенный на карте видимых путей планет участок в более крупном масштабе

тирами в этом году будут звезды β и η Девы.

Планета Нептун весной 1969 г. будет видна правее и выше Марса. Для ее поисков необходима подробная звездная карта, поме-

щенная, например, в *Астрономическом календаре на 1969 год*. Плутон вообще недоступен наблюдению любительскими средствами.

В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ И

СОЗВЕЗДИЕ ПЕРСЕЯ

Созвездие Персея почти целиком расположено на Млечном Пути. Его окружают созвездия Возничего, Тельца, Овна, Треугольника, Андромеды, Кассиопей, Жирафа. На небесной сфере созвездие Персея занимает 615 квадратных градусов. Невооруженным глазом в нем можно насчитать около 136 звезд. Самая яркая звезда — α (Альгениб), ее видимая звездная величина $1^m,9$. На небе эту звезду можно отыскать, продолжив линию, соединяющую звезды α , β , γ Андромеды.

Свое название созвездие Персея получило по имени знаменитого героя греческих мифов. Победив в борьбе горгону Медузу, Персей взял с собой ее голову, на которой вместо волос были змеи. Так, с головой Медузы в руке и изображали Персея в старинных звездных атласах.

В созвездии Персея насчитывается до 250 переменных звезд. Многие из них недоступны наблюдениям в небольшие инструменты. Мы рекомендуем любителям пронаблюдать звезду U Персея, координаты которой: $\alpha = 1^h 56^m, 2$; $\delta = +54^\circ 35'$. Это — переменная звезда типа Миры Кита, блеск ее изменяется от $7^m, 6$ до $12^m, 3$ с периодом 321 день. Ближайший максимум блеска будет в феврале 1969 г.

Исключительно интересна звезда β Персея — Алголь, расстояние до которой около 32 пс. Перемен-

ность блеска этой звезды была обнаружена еще в древние времена. В XVIII в. известный астроном-любитель Дж. Гудрайк детально изучил характер изменения блеска звезды и нашел верное объяснение ее переменности. β Персея — затменно-двойная звезда. Блеск ее изменяется от $2^m, 20$ до $3^m, 47$ с периодом 2,867 суток (68 часов 49 минут). Колебания блеска β Персея заметны даже невооруженным глазом, если эту звезду наблюдать в течение двух дней. Тщательные спектральные исследования позволили установить, что β Персея — тройная система. Третья звезда обращается с периодом 1,87 года, но затмений не вызывает.

Любители могут пронаблюдать и другую переменную звезду ρ Персея, которая относится к классу полуправильных переменных.

Блеск ее изменяется от $3^m, 2$ до $3^m, 8$ с периодом 33—35 суток.

Замечательными объектами созвездия Персея и всего северного полушария неба являются рассеянные звездные скопления h и χ Персея. Они расположены между звездами γ Персея и δ Кассиопей и видны невооруженным глазом как туманные пятнышки. В телескопы можно различить в скоплениях отдельные звезды и центральные сгущения. Скопление h более рассеянное, чем скопление χ . Суммарная видимая звездная величина их около 4^m , диаметр $30'$. В бинокль 50×10 в скоплении h Персея можно увидеть до десятка звезд, а в трубу 55×20 — около 40.

А. Д. МАРЛЕНСКИЙ И
доцент

В. Ф. ЗАБОЛОНЬ И





В ОТДЕЛЕНИЯХ ВАГО

Горьковский кружок телескопостроителей

Три года назад в Горьковском отделении ВАГО был организован кружок телескопостроения. Возглавил его пенсионер Николай Матвеевич Бенько, который изготовил уже не один телескоп.

Недостатка в желающих строить астрономические приборы не было: многие члены юношеской секции Горьковского отделения ВАГО с энтузиазмом включились в работу. Но и трудностей на первых порах оказалось немало: не было ни материалов, ни литературы, необходимых для создания телескопов, ни помещения для работы. Центральный совет ВАГО оказал энтузиастам огромную помощь, прислав нужную литературу и материалы, а помещение для работы предоставила кружку Областная станция юных техников.

«Первенец» горьковских телескопостроителей — телескоп-рефлектор с диаметром зеркала 160 мм, над которым особенно любовно

трудились Володя Агарев, Иосиф Фикс и другие члены кружка, был построен весной 1966 г. Этот инструмент экспонировался на Областной выставке юношеского творчества, а затем был передан в дар Областной станции юных техников.

Яркий пример новаторства, неуспокоенности на достигнутом являет своим ученикам руководитель кружка Н. М. Бенько. Девиз этого человека — поиск. Интересные опыты по применению органического стекла для изготовления зеркала телескопа провел он в последние годы. Н. М. Бенько убедился в преимуществах органического стекла: стойкость зеркального покрытия органического стекла к механическим воздействиям гораздо выше, чем у простого стекла (что очень важно для телескопа любителя); у зеркала, изготовленного из органического стекла, качество изображения практически не меняется в довольно



РУКОВОДИТЕЛЬ КРУЖКА
телескопостроения при Горьковском отделении ВАГО Н. М. Бенько у построенного им телескопа

Фото А. П. Порошина



И. ФИКС (слева) показывает свою работу **Н. М. Бенько**

Фото А. П. Порошина

больших интервалах изменения температуры. В настоящее время **Н. М. Бенько** построил телескоп с диаметром зеркала 250 мм, для которого он использовал органическое стекло толщиной 30 мм. Результаты наблюдений в этот телескоп превзошли ожидания даже са-

мого создателя, который теперь считает, что органическое стекло вполне пригодно для изготовления телескопов-рефлекторов.

В Горьком пока нет ни одной народной обсерватории, хотя они крайне необходимы. Поэтому кружковцам самим приходится популяризировать астрономию. Например, неоднократно **Н. М. Бенько** и ребята с помощью созданного ими телескопа демонстрировали Солнце, планеты, Луну и звездное небо. Эти демонстрации сопровождались рассказом о наблюдаемых небесных объектах. Приятно видеть, что в такие минуты у телескопа собираются люди самых разных возрастов и профессий.

В настоящее время юные любители телескопостроения изготовили еще два телескопа, которые предназначены для школ, где учатся кружковцы. Таким образом, кружок приобщит к астрономии не один десяток любознательных школьников. Ведь главная цель всей работы кружка не только создать телескоп, но и найти ему достойное применение.

А. П. ПОРОШИН
руководитель юношеской секции
Горьковского отделения ВАГО

Как работают юные астрономы Винницы

На Винницкой областной станции юных техников астрономические кружки работают уже более 10 лет. В этих кружках занимаются ребята с 5-го по 10-й класс включительно. До сих пор на занятиях изучались основы астрономии только в объеме школьного курса.

С 1966 г. в работе кружков произошли значительные изменения. Все началось с метеорного потока Леонид. В ночь максимума потока были получены довольно воодушевляющие результаты.

В конце 1966 г. в Виннице на Областной станции юных техников было создано Винницкое общество юных любителей астрономии, куда вошли все кружковцы, а в 1967 г. винницкие любители астроно-

мии вступили в юношескую секцию при Киевском отделении ВАГО (в нашем городе нет отделения ВАГО). Однако практическую помощь нам оказывает не Киевское отделение ВАГО, а Крымское.

Мы выбрали тему — визуальные наблюдения основных метеорных потоков и определение их радиантов. Такие наблюдения были организованы на протяжении 1967—1968 гг. Все материалы мы отправляем в Крымское отделение ВАГО для обработки, а сами обрабатываем их только предварительно.

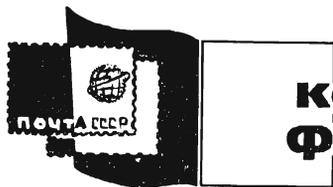
В 1967 и 1968 гг. мы принимали участие в Крымских метеорных экспедициях в селе Перевальном. (В 1967 г. — 8 человек, в 1968 г. —

13 человек.) Во время этих экспедиций мы накопили значительный опыт наблюдения метеоров. В июле 1968 г. нами было зафиксировано больше 2000 метеоров. Все эти материалы мы надеемся обработать.

Кроме наблюдений метеоров, мы продолжаем изучать астрономию, космонавтику, проводим астрономические вечера в городском планетарии, наблюдаем небесные светила и солнечные затмения.

В будущем планируем привлечь к нашей работе любителей астрономии со всех 25 районов области, поделиться с ними своим опытом, а летом организовать экспедицию по наблюдению за метеорами.

П. К. ГОРОЛЬ



КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

Космическая фантастика на марках

Первая марка с элементами фантастического сюжета была выпущена в нашей стране. Это известная марка, посвященная 100-летию со дня рождения К. Э. Циолковского. На ней изображен портрет ученого на фоне космического аппарата причудливой формы и ракеты на старте, готовой к запуску в сторону Сатурна. Вскоре к этой теме обращаются чехословацкие художники. Чехословацкое почтовое ведомство еще до первого полета человека в космос выпустило серию из шести марок под общим названием «Исследование космоса». В этой серии художник Ф. Гудечек, рассказывая о достигнутых к тому времени успехах советской космонавтики, пытается заглянуть несколько вперед, изобразив на последней марке этой серии космонавта в полете. Художник показывает человека в скафандре с автономной системой жизнеобеспечения, свободно парящего в состоянии невесомости внутри корабля. Для убедительности художник сопровождает свой рисунок лаконичной надписью: «Завоевание космоса человеком». На следующий день после триумфального полета Ю. А. Гагарина, в Чехословакии появилась серия из двух марок, на которых был точно воспроизведен рисунок Ф. Гудечека и сде-

ланы надписи: «Советский человек — первый в космосе. 12. IV. 1961» (на марке номиналом в 60 геллеров) и «СССР победил космическое пространство. 12. IV. 1961» (марка стоимостью в 3 кроны).

В следующей серии под таким же названием, изданной 26 марта 1962 г., фантазия уносит художника Ф. Гудечека к нашему естественному спутнику. На марке номиналом в 1 крону изображена советская АМС, совершившая мягкую посадку на Луну.

В серии, изданной 25 апреля 1963 г., фантазия художника простирается значительно дальше. Он посылает космические корабли на Юпитер и Сатурн и возвращает их на Землю. На одной из марок показан полет АМС с атомным двигателем в сторону Солнца для исследования солнечной короны. АМС пронесится мимо Венеры и Меркурия. Сюжет другой марки — облет Марса, изучение его и исследование спутников этой планеты — Фобоса и Деймоса. На следующей марке этой серии мы видим вблизи Юпитера космический корабль с атомным двигателем. Оборудованный автоматической аппаратурой, он исследует не только планету, но и ее спутники: Ио, Европу, Ганимед и Каллисто. И, наконец, обратный рейс космического корабля к Земле после удачного

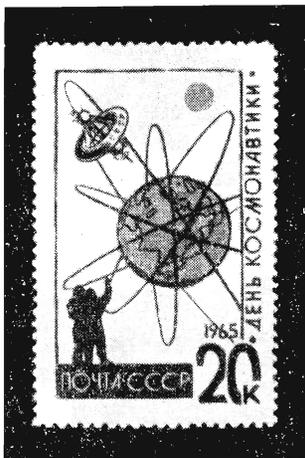


облета Сатурна и исследования его девяти спутников.

Очень интересна серия крупноформатных марок Чехословакии, изданная в 1967 г. На них тесно переплетаются реальные достижения науки с фантастическим вымыслом художника. На фоне стыковки космических кораблей художник Лукавский изобразил сборку в космосе большой научной лаборатории, состоящей из многих самостоятельных космических аппаратов. На другой марке — космонавт, использующий систему ориентации на поверхности Луны. На третьей марке — карта звездного неба, а в крупном плане — планеты солнечной системы: Марс, Юпитер и Сатурн. Здесь же мы видим межпланетный космический корабль будущего. Серия отличается многоплановостью композиции: наиболее значительные элементы сюжета изображены крупным планом. Эти марки привлекают внимание вдумчивого и любознательного филателиста обилием информации, богатым воображением художника и оригинальностью приемов графического исполнения.

В польской филателии космическая фантастика — большая редкость. Поэтому следует обратить внимание на многокрасочную марку из большой серии, изданной в 1964 г. На ней изображен фантастический корабль, устремленный в просторы дальнего космоса. Космический корабль показан среди звезд на фоне Сатурна и других планет солнечной системы.

С 1963 г. космическая фантастика стала появляться и в отечественной филателии. В серии, посвященной Дню космонавтики, рассказывая о достигнутом, художник Ю. Ряховский заглядывает и в далекое будущее. Фантазия уносит его на многие десятилетия вперед. На марке изображен корабль-звездолет, который пронесется в звездном небе вблизи Солнца. А через три года, в ознаменование Дня космонавтики, появляется, несомненно, очень оригинальная серия. Известный график художественной миниатюры Е. Анискин выбрал необычный путь. На двух марках, показывая мягкую посадку на Луну, осуществленную станцией «Луна-9», и вывод на селеноцентрическую орбиту спутника «Луна-10», он «заставляет» свои лунные аппараты стыковаться в окололунном



пространстве, а затем расстыковаться и мягко сесть на поверхность Луны. В своем фантастическом повествовании он показывает даже старт космического корабля с Луны, его встречу на лунной орбите с основной АМС, их повторное состыкование для возвращения на Землю. У этих марок все необычно: и ромбовидное расположение рисунка и надписей, и неотрывный треугольный купон (отсутствие перфорации), золотистый фон, символическое изображение космических аппаратов и многое другое.

В ином плане выполнена марка на алюминиевой фольге. Космонавты в специальных скафандрах с автономной системой жизнеобеспечения и связи находятся где-то вне Земли, а на геоцентрической орбите видна сложная космическая лаборатория.

Внимание филателистов всего мира привлекли марки серии «Космическая фантастика», авторами которой являются летчик-космонавт Алексей Леонов и художник-фантаст Андрей Соколов. Первые две марки трактуют события, свидетелями которых мы можем стать уже в ближайшие годы. На первой марке мы видим довольно сложный (необычной формы) космический корабль на селеноцентрической орбите и работу космонавтов вне корабля, монтирующих спутник-ретранслятор для обеспечения связи между космонавтами, находящимися в различных районах Луны. На второй марке показано, как космонавты производят селенодезические работы. Остальные три марки рассказывают о событиях очень далекого будущего. Это полеты к неведомым мирам. Показан момент отделения от ракеты-носителя космического корабля, летящего к далеким планетам. Четвертая марка уносит нас в другую планетную систему, а возможно, и в другую галактику. Этот необычный для жителей Земли мир художники называют «планетой Красного солнца», поэтому и рисунок сделан в очень ярких красках. На фоне этой воображаемой планеты и огромного Красного солнца виден след космического корабля землян. А на пятой, последней марке этой серии, мы видим космический корабль, прибывший к нам из другой галактики.

В. А. ОРЛОВ

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, опубликованных в журнале «ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ» в 1968 году

Агекян Т. А.— Теоретические исследования в области звездной астрономии в Советском Союзе	1	Снопков В. Г.— О проблеме пресной воды	1
Амбарцумян В. А.— Нестационарные объекты во Вселенной и их значение для космогонии	4	Татарский В. И.— Турбулентность атмосферы	2
Боровиков П. А., Бровко В. П., Каплин П. А.— Человек проникает в морские глубины	4	Тейфель В. Г.— Новые исследования Красного Пятна на Юпитере	4
Бражникова Э. Ф.— Загадка спектрально-двойных звезд	5	Уломов В. И.— На пути к прогнозу землетрясений	3
Верещетин В. С.— Космос и право	6	Фесенков В. Г.— Тунгусское явление 1908 года	3
Виноградов К. А., Толмазин Д. М.— Соленость и жизнь моря	6	Фесенков В. Г.— Основные успехи метеоритики	6
Витинский Ю. И.— Солнечная активность	2	Филиппов Д. М.— Проблема автоматизации океанографических наблюдений	6
Горшков С. П.— Ледниковые периоды и рельеф суши	1	Черкасов И. И., Шварев В. В.— Первые результаты непосредственных исследований грунта Луны	2
Дольфус О.— Открытие Януса — десятого спутника Сатурна	1	Шевченко В. В.— Астрономическая ориентировка на Луне	1
Дорман Л. И.— Космические лучи и солнечный ветер	5	Шолпо В. Н.— Проблема происхождения складчатости	6
Дреннов Д. А.— Выпрямление самаркандских минаретов	5	Щеглов П. В.— Электронная телескопия и астрономические наблюдения	3
Дубинский Б. А.— Старая ли наука астрономия?	4	Щеглов П. В.— Исследование астроклимата и выбор места установки крупных телескопов	4
Жонголович И. Д.— Космическая триангуляция	3		
Засов А. В.— Необычные галактики	1	ЛЮДИ НАУКИ	
Зилитинкевич С. С.— Общая циркуляция атмосферы и океана (математические модели)	5	Барабашов Н. П., Кузьменко К. Н., Плужников В. Х.— Николай Николаевич Евдокимов	4
Канаев В. Ф.— «Академик Курчатов» в Индийском океане	5	Горбачкий В. Г.— Виктор Амазаспович Амбарцумян	5
Копелевич О. В.— Свет в море	2	Дейч А. Н.— Александр Александрович Михайлов	3
Ляхова Л. Н.— Развитие службы краткосрочных радиопрогнозов	2	Логинова Г. П., Селиханович В. Г.— Федор, Алексеев сын, Семенов — курский астроном	1
Малеев Е. Ф.— Авачинский вулкан	5	Стрэнд К.— Эйнар Герцшпрунг	6
Марковиц В.— Физика и метафизика непознанных летающих объектов	3		
Михайлов А. А.— Исследование Луны	2	СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ	
Надёжин Д. К.— Почему взрываются сверхновые звезды?	5	Аксенов Е. П.— Конференция по небесной механике и астродинамике	2
Николаев А. В.— Сейсмические волны о недрах Земли	6	Бронштэн В. А.— Физика и динамика метеоров	2
Никольский Г. М.— Наблюдения солнечной хромосферы на большом внеатмосферном коронографе	5	Виноградов С. Д., Шамина О. Г.— Гармская сейсмологическая сессия	4
Петрова Г. Н.— Магнитные исследования и их роль в изучении строения Земли	4	Зверев С. М., Резанов И. А.— Граница «М»	6
Райл М.— Радиогалактики и квазары	3	Кондратьев К. Я.— Астронавтический конгресс в Белграде	3
Ржига О. Н.— Марс. Чем сложена его поверхность?	5	Котляков В. М.— В ледниковом сердце Европы	2
Росселевич И. А., Брацлавец П. Ф., Однолько В. В., Узилевский В. О.— Первое цветное телевизионное изображение Земли из Космоса	2	Левитан Е. П.— Ленинградский пленум Центрального совета ВАГО	3
Северный А. Б.— Магнитное поле Солнца	6	Мартынов Д. Я.— XIII съезд Международного астрономического союза	1
Слыш В. И.— Спорадическое радиоизлучение Солнца	4	Пеллинен Л. П.— XIV Генеральная ассамблея Международной геодезической ассоциации	5
		ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ	
		Дайсон Ф.— Поиски внеземной инженерной деятельности	6

ПО ОБСЕРВАТОРИЯМ И ИНСТИТУТАМ

- Бархатова К. А.— Самая восточная в Европе 1
Попов И. И.— Новая геофизическая обсерватория Академии наук СССР 2

НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

- Безчастнов И. М.— Новые проекты народных обсерваторий 2

ЭКСПЕДИЦИИ

- Кринов Е. Л.— На Сихотэ-Алинь — за метеоритами 5

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

- Крошкин М. Г., Кузьмин В. И.— Международная выставка «Космос — Миру» 3

МЫСЛИ ОБ АСТРОНОМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

- Левитан Е. П.— Новое в преподавании астрономии в средней школе 1

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- Бронштэн В. А.— Новые лауреаты поощрительных премий ВАГО 4
Всехсвятский С. К.— Периодические кометы в 1969 году 6
Дагаев М. М.— Полное солнечное затмение 22 сентября 1968 года 1
Лазаревский В. С.— Графики видимости планет на 1969 год 6
Марленский А. Д., Заболотной В. Ф.— Астрономические наблюдения в 1968 году 1—5
Михельсон Н. Н.— Любителям астрономии — о телескопах 4—6
Симоненко А. Н.— Метеорные потоки в январе — феврале 1969 года 6
Шемякин М. М.— Совещаются любители, строящие астрономические приборы 4

В ОТДЕЛЕНИЯХ ВАГО

- Гороль П. К.— Как работают юные астрономы Винницы 6
Порошин А. П.— Горьковский кружок телескопостроителей 6
Порошин А. П.— Юношеская секция Горьковского отделения ВАГО 4
Хренов Л. С.— Геодезическая секция Ленинградского отделения обсуждает проблемы инженерной геодезии 4

ФАНТАСТИКА

- Кларк А.— Пятый Юпитера 3,4

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

- Ильичев Л. И.— Выход человека в открытый Космос 2
Миловидов Е. В.— Международный геофизический год в филателии 1

- Орлов В. А.— Мягкая посадка АМС на Луну и искусственные спутники Луны на марках мира 3
Орлов В. А.— Космическая фантастика на марках 6
Полонский В. В.— Ученые-астрономы на марках мира 5

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- Куликовский П. Г.— «Астрономия и космонавтика» 2
Куликовский П. Г.— «Астрономия в картинках» 5
Кунцкицкий Р. В.— «Вселенная Гершеля» 1
Любарский К. А., Явнель А. А., Вдовыкин Г. П.— «Жизнь в Космосе» 2
Мархинин Е. К.— «Вулканы и человек» 4
Сафронов В. С.— «Движущие силы развития Земли и планет» 3
Страут Е. К.— «Карта Луны» 5
Хвостиков И. А.— На Солнце все спокойно! 1

АСТРОНОМЫ УЛЫБАЮТСЯ

- Дрейк Ф. Д.— Еще раз о Маленьком астрономе 4
Знаки малых планет 4
Кириш М.— Последний раз о Маленьком астрономе 5
Малые планеты и женские имена 1
Можно ли уже сегодня побывать на Луне? 5
Небольшой экскурс в астрономическую этимологию 3
«Связь с современностью» 2

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Астрономы обсуждают проблемы астрономического образования 4
Атомная установка для опреснения морской воды 1
Биологические эффекты сверхновых 5
Большая группа солнечных пятен, июнь 1968 г. 6
Внеатмосферные исследования коротковолнового излучения Солнца 3
Вторая автоматическая стыковка на орбите 3
Вторая новая звезда Олкока 6
Вулкан Килауэа 3
Гляциологические исследования в Антарктиде 5
Движение полюсов Земли 4
Десять новых названий малых планет 3
Донный сейсмограф 3
Древние скальные сооружения в Мецаморе 3
Еще одна странность квазаров 3
Еще один действующий вулкан в Антарктиде 4
Загадка антарктических оазисов 4
Изменяется ли климат? 4
Измерение турбулентности в свободной атмосфере 4
Измерение диаметров звезд 4
Икар сфотографирован! 5
Инфракрасные звезды 3
Каким был уровень Мирового океана в третичный период? 4
Как увеличить запасы пресной воды в засушливых зонах 1
Крупный солнечный радиотелескоп 1
«Луна-14» — четвертый советский искусственный спутник Луны 3
Магнитное поле Земли меняет полярность 4

Магнитосфера и солнечный ветер	2	Популярность советского «Атласа Антарктики»	1
«Маринер-4» продолжает рассказывать о Марсе	3	Проложена космическая трасса Земля — Луна — Земля	6
Мир без ледников и льдов	5	«Пылающий» остров	6
Можно ли увидеть искусственные спутники Луны?	6	Пылевые спутники Земли и болидная процессия 1913 года	2
«Моря» и «каналы» Марса могут оказаться возвышенностями	1	Пыльные бури и электричество	3
Необычные источники космического радиоизлучения	3	Радиоактивный изотоп алюминия-26 в морских осадках	4
Новая Дельфина 1967	1	Радиоизлучение галактик в скоплении Персея	5
Новая вспышка RS Змееносца	2	Рентгеновские вспышки на Солнце	5
Новая сейсмологическая обсерватория	4	Самые древние льды	4
Новое в фотометрии Луны	2	Семинар преподавателей астрономии педагогических институтов Украины	1
Новое об океаническом дне	5	След древней катастрофы в центре Европы	3
Новое в программе телевизионных передач	5	Следите за Икарсом!	2
Новое о пульсарах	5	Снова неожиданность — N-галактики	4
Новые карты Луны на XIII съезде Международного астрономического союза	1	Созвездие Персея	6
Новый остров в Тихом океане	4	Создание Института геологии и геохронологии докембрия	1
Обсуждение методических вопросов преподавания астрономии	5	Соединения водорода в атмосфере Венеры	1
О «возрасте» вулканических пород	3	Солнце и землетрясения	6
О глобальном горизонтальном зондировании	1	Состоят ли из льда частицы колец Сатурна?	3
О кольцевом токе Земли	2	Служба оповещения о цунами	2
О «магнитной границе» в Атлантическом океане	2	Существует ли вокруг Земли пылевое облако?	1
О неоткрытых небесных телах солнечной системы	3	Тектонофизика в Техасе	5
Организация Секции наук о Земле	5	Увеличение силы тяжести на Южном полюсе	4
Открытие новых рентгеновских источников	3	Успешный полет советских космических кораблей «Союз-2» и «Союз-3»	6
Подводные дома	4	Четыре полных солнечных затмения за 16 лет!	3
		Что такое «светящиеся частицы»?	6
		Эксперименты под Монбланом	5

ПО П Р А В К И

Номер журнала, год	Страница	Строка	Следует читать
№ 3, 1968 г.	12	5 строка снизу (3-я колонка)	...двигателей в Пасадене
№ 3, 1968 г.	55	22—23 строки сверху (1-я колонка)	...произведению масс частиц и обратно-пропорциональной...
№ 4, 1968 г.	63	4 строка в подписи к рисунку	Толщина завала 70 м
№ 4, 1968 г.	21	19 строка сверху (1-я колонка)	Всплески IV-го типа наблюдаются после мощных хромосферных вспышек, и часто им предшествует...

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук И. А. ХВОСТИКОВ
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук
А. А. ИЗОТОВ, кандидат физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кандидат физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, 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, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ

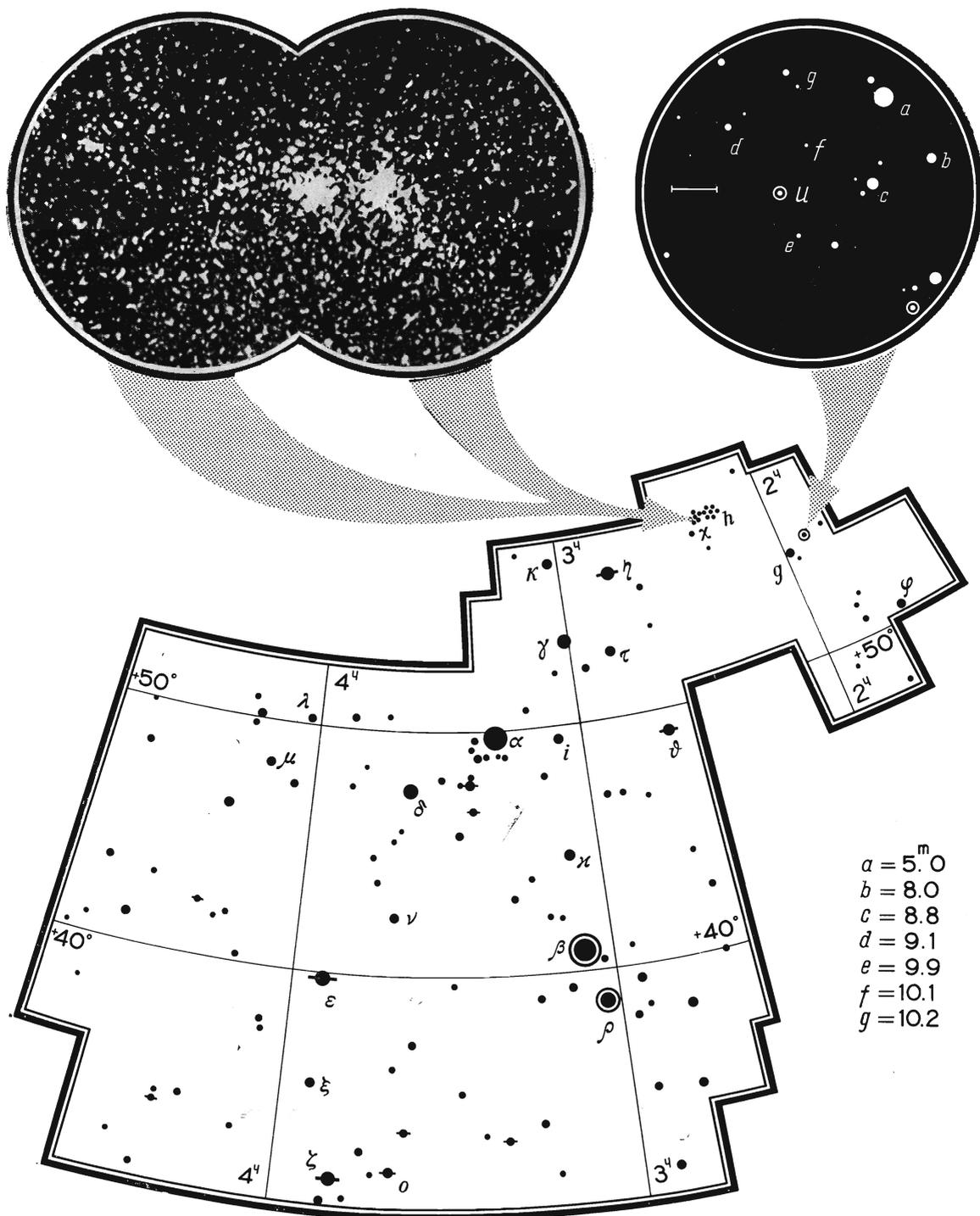


Адрес редакции: Москва
В-333, Ленинский пр., 61/1
Тел. 135-64-81
135-63-08

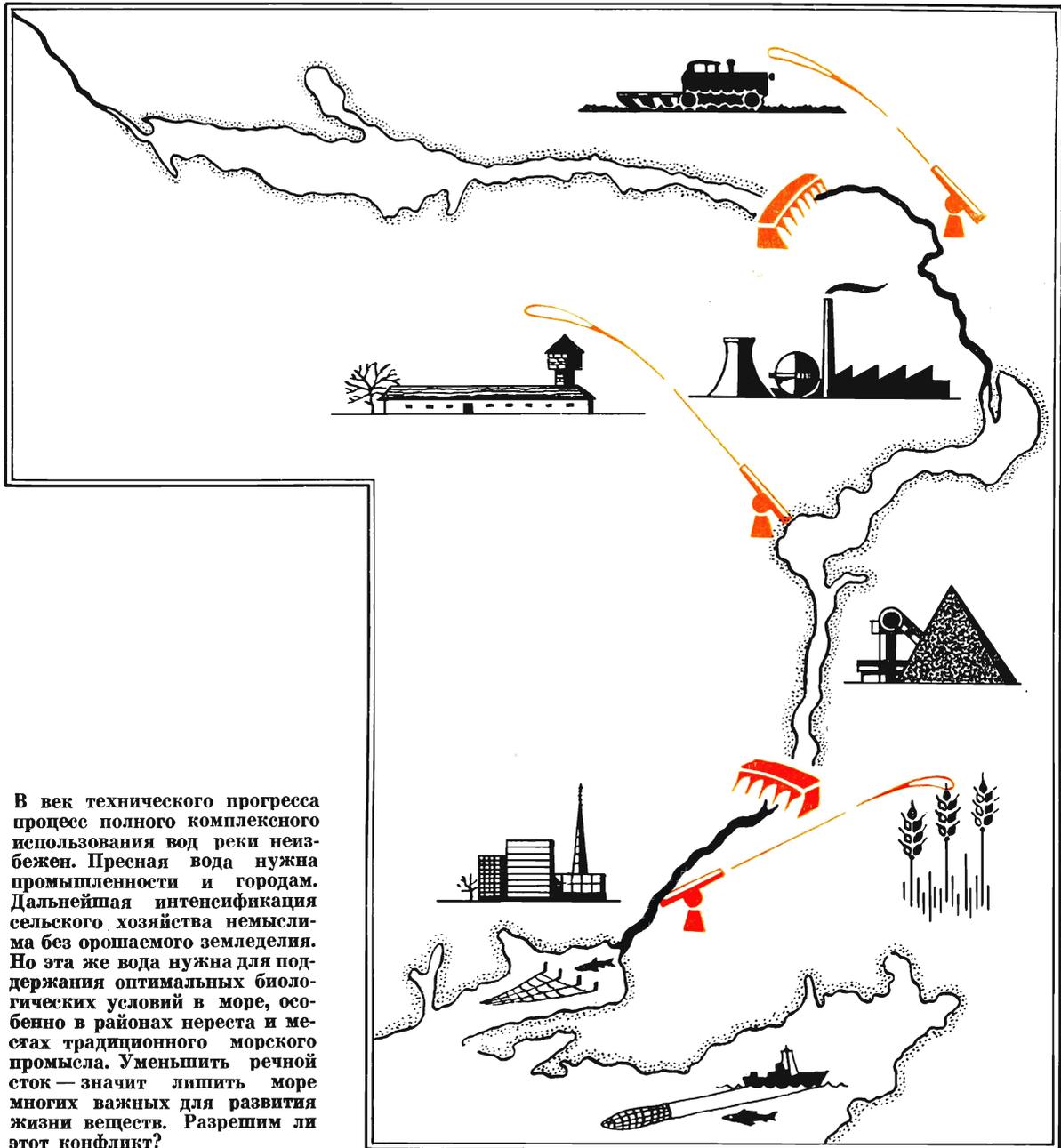
Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: А. М. Балунова,
Г. Н. Нелидова

Т-15671. Сдано в набор 30/VIII 1968 г.
Подписано к печати 13/XI 1968 г. Формат
бум. 84×108¹/₁₆. Печ. л. 6,0 (10,08). Уч.-изд.
л. 9,9+2 вкл. Тираж 37 600 экз. Заказ № 984
Цена 30 коп.



Созвездие Персея (к статье А. Д. Марленского и В. Ф. Заболотного)



В век технического прогресса процесс полного комплексного использования вод реки неизбежен. Пресная вода нужна промышленности и городам. Дальнейшая интенсификация сельского хозяйства немислима без орошаемого земледелия. Но эта же вода нужна для поддержания оптимальных биологических условий в море, особенно в районах нереста и местах традиционного морского промысла. Уменьшить речной сток — значит лишить море многих важных для развития жизни веществ. Разрешим ли этот конфликт?

Издательство



Цена 30 коп.

Индекс 70336

«Наука»