

# ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

# 6

1971

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



# **Читайте в ближайших номерах журнала**

**Итоги полетов автоматических  
межпланетных станций к Марсу в 1971 г.**

**А. И. ЕРЕМЕЕВА.**

**КЕПЛЕР И ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ**

**Ю. А. БЕЛЫЙ.**

**«Сон, или астрономия Луны»—  
последнее произведение Кеплера**

**А. А. ЯРОШЕВСКИЙ.**

**Образование земной коры  
и процессы в мантии**

**П. Р. АМНУЭЛЬ.**

**НЕВИДИМЫЕ МИРУ ЗВЕЗДЫ**

**Р. РУФФИНИ,  
Дж. УИЛЕР.**

**Знакомьтесь: черная дыра**

**Л. М. ГИНДИЛИС.**

**Международная конференция по проблеме  
связи с внеземными цивилизациями**

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный  
журнал  
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



НОЯБРЬ — ДЕКАБРЬ

6 1971

Издательство «Наука»  
Москва

## В номере

Е. В. Хрунов — Метеорология и полеты советских пилотируемых космических кораблей . . . . .	2
Б. Ю. Левин — Происхождение Земли . . . . .	8
Б. И. Валничек, И. П. Тиндо, Б. Штарк — В солнечном дозоре «Интеркосмос-4» . . . . .	16
В. И. Левантовский — Старт к планете — когда! . . . . .	22
Ж. Мейюс — Любопытное о солнечных затмениях . . . . .	29
<b>ЛЮДИ НАУКИ</b>	
Иоганн Кеплер (к 400-летию со дня рождения) . . . . .	34
<b>СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ</b>	
Ю. Д. Буланже — Московский форум геодезистов и геофизиков . . . . .	44
Ученые — о проблемах геодезии и геофизики . . . . .	46
<b>ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ</b>	
Н. А. Айбулатов, И. М. Овчинников — Южное отделение Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР . . . . .	53
<b>АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ</b>	
Б. А. Воронцов-Вельяминов, В. В. Арсентьев — Астрономию — в типовые планы университетов . . . . .	57
Е. П. Левитан — Новый учебник астрономии в ГДР . . . . .	58
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ</b>	
А. К. Клейн — Самодельный телескоп-рефрактор . . . . .	60
А. Н. Подъяпольский — Универсальный телескоп-рефлектор . . . . .	62
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ</b>	
О. Д. Докучаева — О чем пишут любители астрономии . . . . .	67
В. С. Лазаревский — Астрономические явления в 1972 году . . . . .	68
<b>КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ</b>	
В. А. Орлов — Иоганн Кеплер на марках . . . . .	72
<b>ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ</b> . . . . .	73
<b>КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ</b>	
Ю. Н. Липский, В. В. Шевченко — «Передвижная лаборатория на Луне — «Луноход-1» . . . . .	76
Тематический указатель статей, опубликованных в журнале «Земля и Вселенная» в 1971 г. . . . .	78
<b>НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b>	
Запуск «Вертикали II» [7]; Наблюдение кометы с ИСЗ [7]; Одной ракетой-носителем — восемь ИСЗ [7]; Первые снимки Марса в период великого противостояния 1971 года [14]; Богат ли железом Плутон! [14]; Как возникло деление Кассини? [14]; Можно ли обнаружить «черные дыры»? [14]; Еще одна близкая галактика [15]; Предварительные научные результаты полета «Аполлона-14» [27]; Доисторический человек проводил астрономические наблюдения? [33]; Конгресс, сближающий прошлое и настоящее науки [52]; Новая малая планета [65]; Солнечная активность и радиоизлучение Юпитера [65]; Следы протемия в звезде [65]; Квазары и скопления галактик [66]; Возможный источник возбуждения космического инфракрасного излучения [66]; Страничка наблюдателя переменных звезд [71]; Хроника землетрясений [75]	

На обложке: 1-я стр.— Облачные гряды над Азорскими островами (к статье Е. В. Хрунова).

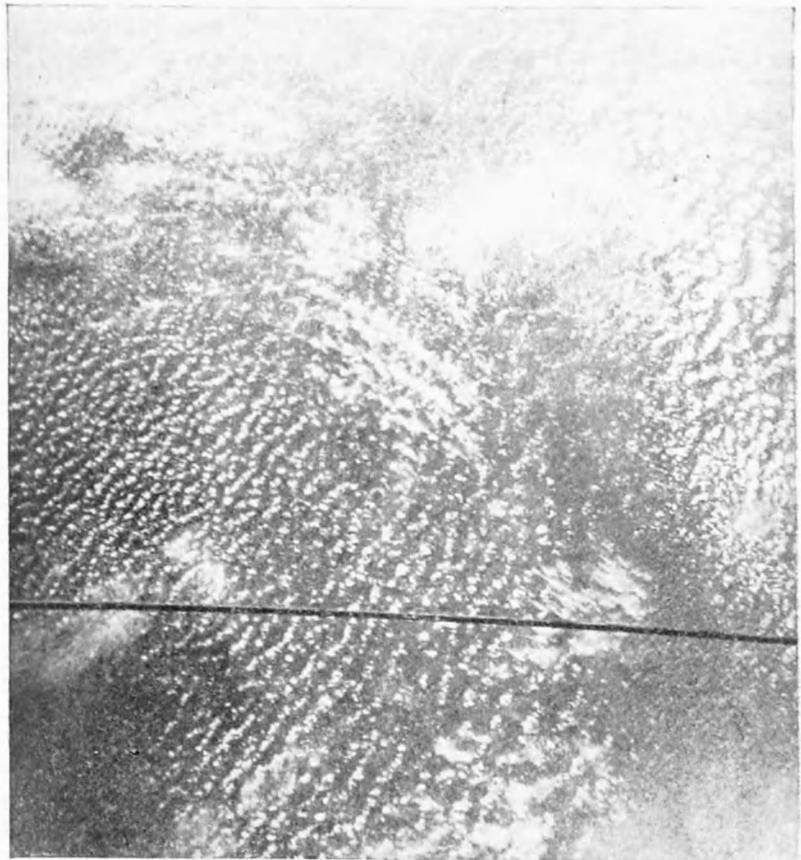
**Е. В. ХРУНОВ**  
летчик-космонавт СССР  
Герой Советского Союза

Опыт развития космической метеорологии показал, что несмотря на обилие данных, поставляемых автоматическими метеорологическими спутниками, роль эпизодических наблюдений с борта пилотируемых космических кораблей, безусловно, значительна (прежде всего, мы имеем в виду перспективные и оперативные задачи прогноза погоды). Квалифицированный специалист на пилотируемом космическом корабле сознательно выбирает объект исследования, немедленно анализирует синоптическую ситуацию. Именно поэтому метеорологические исследования заняли важное место в научных программах советских космонавтов. Роль таких исследований станет еще более существенной по мере того, как запуски долговременных орбитальных научных станций сделают возможными непрерывные длительные наблюдения.

Статья летчика-космонавта СССР Евгения Васильевича Хрунова и полученные им фотографии знакомят читателей «Земли и Вселенной» с результатами метеорологических наблюдений, проведенных Е. В. Хруновым с борта пилотируемого космического корабля.

**К. Я. Кондратьев**  
член-корреспондент  
АН СССР

## Метеорология и полеты



*Облачное поле над теплой ветвью Муссонного течения (Индийский океан). Это — конвективная облачность ячейковой структуры, указывающая на развитие упорядоченной тропической конвекции над теплой водной поверхностью. Темная линия на этом и последующих снимках — изображение антенны космического корабля*

# СОВЕТСКИХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ

В научную программу космических кораблей «Союз» входили метеорологические наблюдения. Я принимал участие в групповом полете космических кораблей «Союз-4 и -5». Экипажи кораблей наблюдали и фотографировали тропические циклоны, облачный и снежный покров, ледники, открытую поверхность океана.

Сразу же стало очевидно, что нельзя целиком охватить глазом и зафиксировать фотоаппаратом крупномасштабные облачные системы, так как ограничен угловой обзор. Однако отдельные части крупных облачных образований удалось наблюдать и фотографировать. Мезомасштабная структура облачного покрова просматривалась отчетливо.

При первом же взгляде на Землю из космоса хорошо видны основные климатические зоны. «Союз-5» при наклонении орбиты  $51^\circ$  пересек экваториальный пояс, тропические и субтропические широты. В экваториальной зоне мы видели облака кучевых форм. В сочетании с просветами они составляют причудливый рисунок. Иногда, сливаясь между собой, облака образуют скопления в виде беспокойной, клубящейся массы.

В экваториальном поясе нет особого различия в строении

облачности над водной поверхностью и над сушей. Но в соседних поясах тропических и субтропических широт южного и северного полушарий (от  $10$  до  $40^\circ$  широты) эти различия очень существенны.

Над тропиками и субтропиками облаков сравнительно мало. Большие площади Африки, Южной Америки, Азии и Австралии свободны от облаков. Над океаном облаков скапливается много. У них совершенно иной вид, чем в экваториальном поясе. Облачные образования в тропиках и субтропиках часто кажутся приплюснутыми сверху. Нередко они образуют правильный геометрический рисунок. На открытых от облаков просторах Северной Африки и Аравии привлекают внимание песчаные дюны. Они расположены рядами и тянутся на сотни километров.

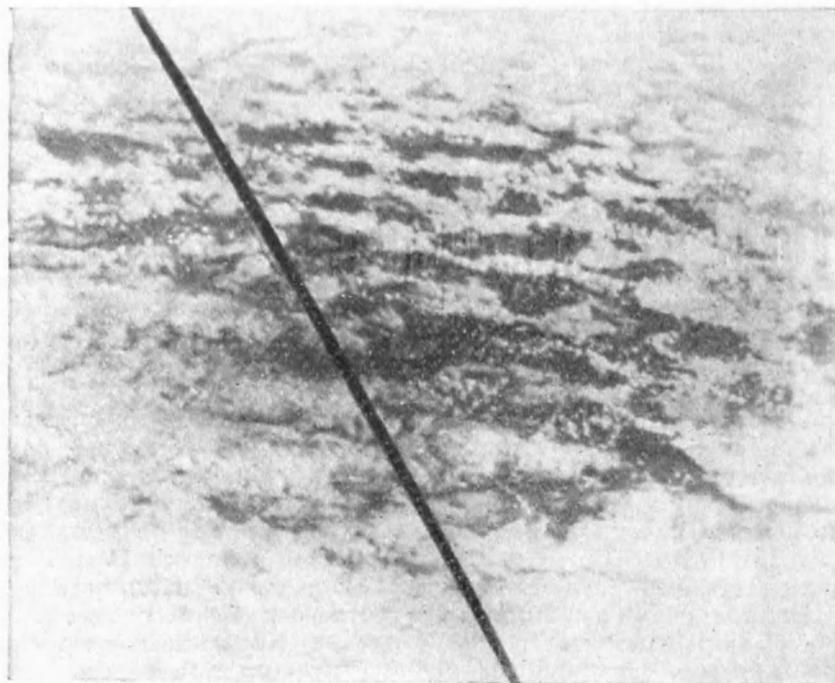
В средних широтах, в поясе от  $40$  до  $55^\circ$  широты, в обоих полушариях облачность более разнообразна и по форме, и по количеству. Наравне с ячейками, грядами и другими формами облаков здесь наблюдались большие облачные поля, простирающиеся на сотни километров. Последующий анализ показал, что эти сплошные облачные поля связаны с циклонами и атмосферными фронтами.

Степень замутненности атмосферы неодинакова в различных районах Земли. Сложилось впечатление, что самая прозрачная область атмосферы в полосе Земли от  $51^\circ$  с. ш. до  $51^\circ$  ю. ш. располагается над Тихим океаном, в районе Курильских островов и полуострова Камчатки.

Над континентами атмосфера более мутная, чем над океанами. Наиболее прозрачна атмосфера над горами (это видно и на фотографиях, и при визуальных наблюдениях).

Интересно сопоставить возможности фотографирования с возможностями визуальных наблюдений Земли с пилотируемого космического корабля. Сравнение явно не в пользу фотографии. Контрастность изображения на снимках значительно меньше, чем в натуре. Очень трудно найти фотографию, сделанную космонавтом с борта корабля, которая так же четко и чисто воспроизводила бы картину поверхности Земли, как это видит наблюдатель. Все фотографии как будто покрыты тонкой вуалью.

Особого внимания заслуживают визуальные наблюдения горизонта Земли, в частности ночного. Когда корабль находился в тени Земли, то над ночным горизонтом по дуге  $80$ — $280^\circ$  от направления на



*Характерная облачность ячейковой структуры в западной части Атлантики, у Багамских островов. Такая структура типична для тропических и субтропических широт. На фотографии видны открытые ячейки в виде вытянутых овалов*

Солнце был виден однородно светящийся слой пепельно-серого цвета. Вблизи видимого горизонта Земли и на верхней границе светящегося слоя наблюдались более яркие узкие полосы. Верхняя граница казалась слегка размытой, хотя и была достаточно четкой. В середине слоя яркость уменьшалась и оставалась постоянной. Высоту светящегося слоя мы определяли по времени прохождения звезд или ярких планет через этот слой. В области тени Земли звезды становились видимыми при угле погружения Солнца под горизонт на  $5-7^\circ$ . Звезды выглядели светлыми точками без расходящихся лучей. Мерцания их не наблюдалось. Высота светящегося пепельного слоя

над ночным горизонтом Земли с учетом рефракции составляла  $94 \div 95$  км.

Интересны наблюдения грозозовых разрядов на ночной стороне Земли. Разряд молнии похож на мощную световую вспышку в виде оранжевато-красного пятна, занимающего большую площадь. Во время полета в районе Австралии и Новой Зеландии я наблюдал особенно много грозозовых разрядов.

Научная программа полета на «Союзе-5» предусматривала наблюдения и фотографирование гор, покрытых вечными снегами, в целях изучения запасов снега. Эти данные необходимы при расчете и прогнозе стока талых вод. Снег в горах отличается от облачности большей яркостью и отсутстви-

ем теней, которые облака отбрасывают на поверхность нашей планеты, контрастом освещенных и затененных участков снежного рельефа.

Полеты космических кораблей «Союз» показали, что космонавты в состоянии не только обеспечить передачу на Землю большого количества метеорологической и другой научной информации, но и способны также разрабатывать рекомендации для различных оперативных служб. Приведу несколько примеров.

15 января 1969 г. летчик-космонавт В. А. Шаталов наблюдал с борта «Союза-4» над Северной Атлантикой облачный вихрь в обширном, глубоком циклоне. Вихрь двигался на Европейский континент, неся в себе сильные ветры и обильные дожди. Детали облачного поля, замеченные космонавтом, но не обнаруженные метеорологическими спутниками, позволили уточнить положение центра циклона.

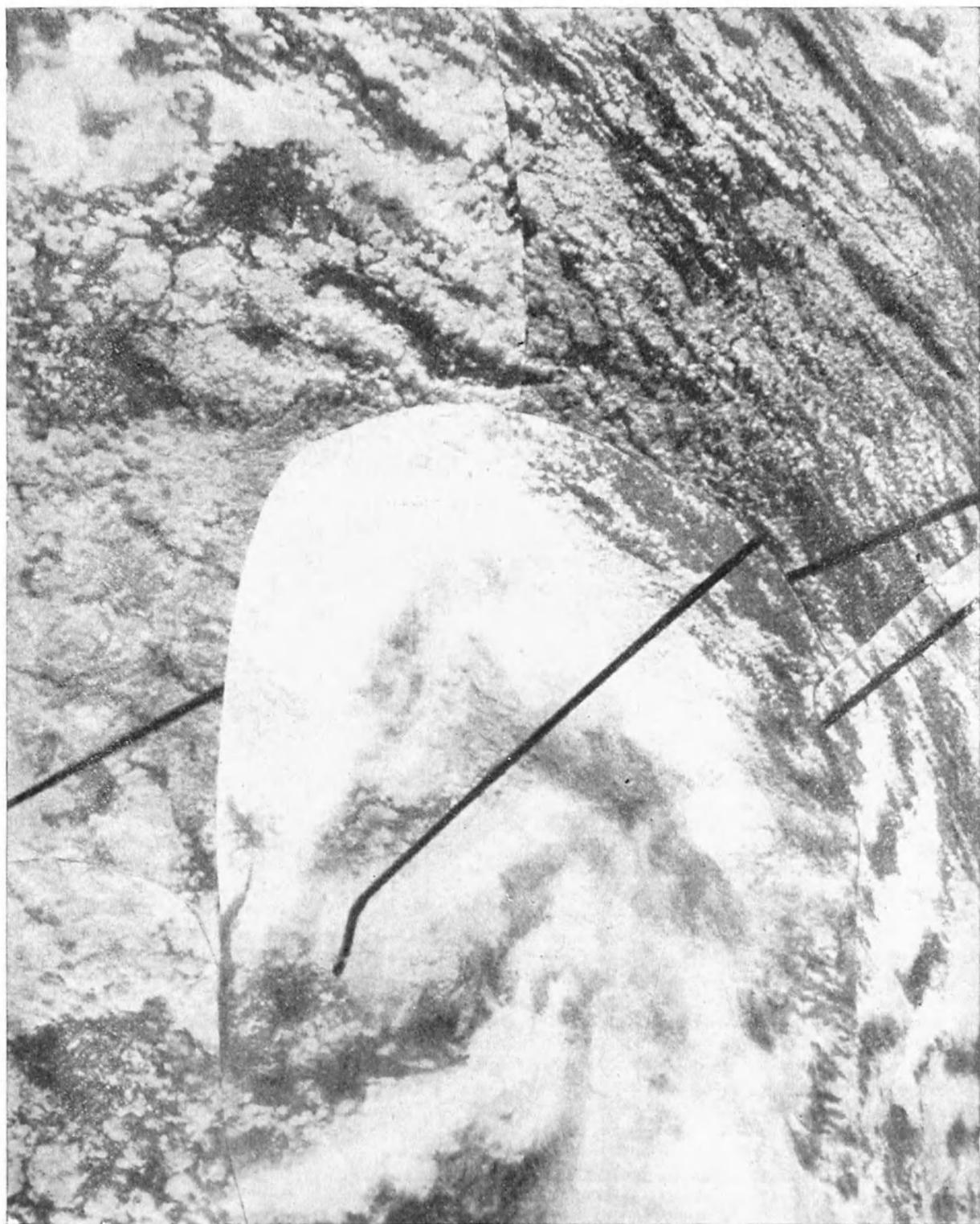
17 и 18 ноября 1969 г. Б. В. Волинов наблюдал над Индийским океаном сильные вспышки молний. Результаты наблюдений, переданные на Землю, дали возможность определить районы развития активной грозозовой деятельности.

Интересные метеорологические наблюдения проводились во время последующих полетов кораблей «Союз».

12 октября 1969 г. в 18 часов 30 минут экипаж корабля «Союз-6» отметил грозу над Ка-

---

*Монтаж нескольких фотографий, на которых запечатлена центральная часть циклона над Атлантикой у берегов Европы. В центре снимка конвективная облачность. Она связана с холодным вихрем, который заполнял циклон*



захстаном, а 15 октября 1969 г. в 11 часов 28 минут — над югом Красноярского края — облачность обширного циклона. Экипаж корабля «Союз-8» 17 октября 1969 г. в 15 часов 08 минут наблюдал циклон у северо-западных берегов Африки, а в 18 часов 07 минут — циклон над Атлантикой к юго-западу от Великобритании. Несколькими минутами раньше космонавты

обнаружили зарождающийся циклон у берегов Кубы. Метеорологический спутник «Земетил» этот циклон лишь на следующие сутки.

Такие сведения немедленно передавались в Гидрометцентр СССР, где их использовали при анализе метеорологической обстановки и составлении синоптических сводок.

13 июня 1970 г. в 13 часов 23 минуты был выполнен важ-

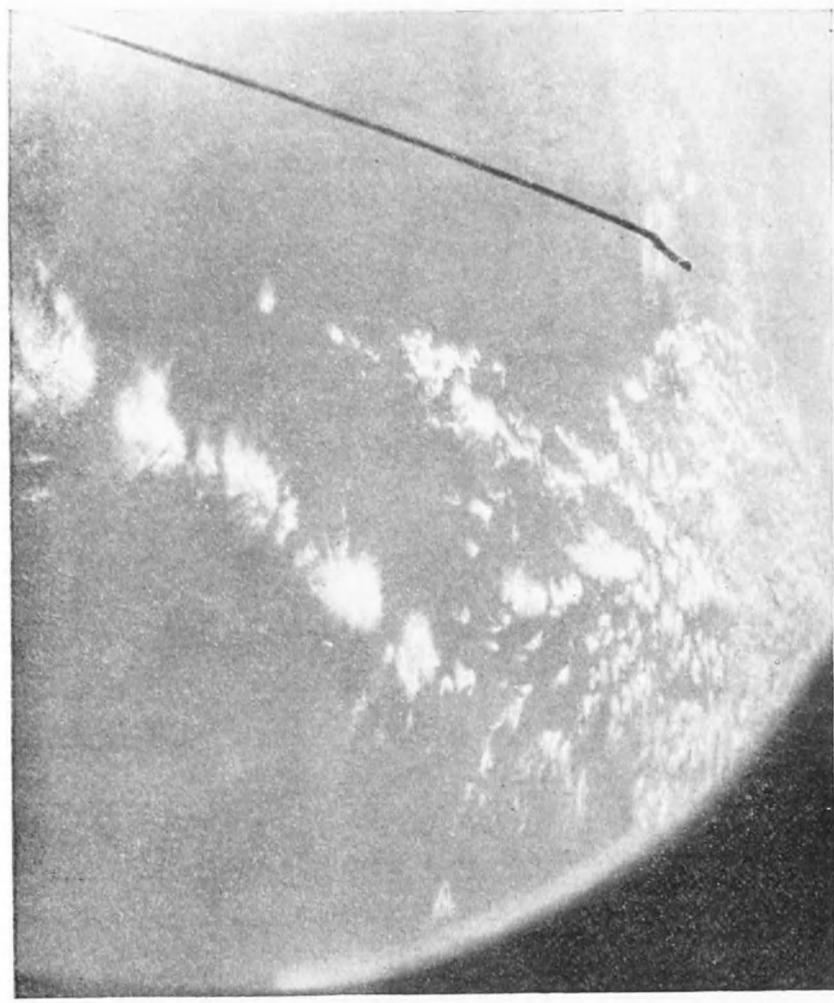
ный совместный эксперимент, предусматривающий фотографирование земной поверхности с борта «Союза-9» и синхронные наземные наблюдения, проводимые на научно-исследовательском судне «Академик Ширшов». В это время «Академик Ширшов» находился у юго-восточных берегов Африки, в точке с координатами  $28^{\circ}10'$  ю. ш. и  $41^{\circ}18'$  в. д., а «Союз-9» совершал 188-й виток вокруг Земли. Совместный эксперимент показал синхронную картину состояния поверхности Земли, атмосферы и типов облачности.

Накопленный опыт позволит осуществлять подобные эксперименты более широко, используя космические корабли не только для фотографирования, но и для проведения спектрофотометрических, радиолокационных, лазерных и других измерений, а научно-исследовательские суда — для широкого круга наземных наблюдений, а также для ракетного зондирования атмосферы.

Проведенные метеорологические эксперименты с пилотируемых космических кораблей, безусловно, лишь первый этап комплексных исследований, выполненных в планетарном масштабе.

Наблюдения синоптиков и метеорологов, работающих на долговременной орбитальной станции, дадут возможность определить параметры динамики атмосферы и усовершенствовать численные схемы долгосрочных и краткосрочных прогнозов. Служба заблаговременного предупреждения о возможных стихийных бедствиях будет намного оперативнее.

Получаемые сведения о динамическом и тепловом состоянии поверхности океана помогут характеризовать ле-



*Грядущий вид космонавта на облаках в тропических широтах Индийского океана к северу от экватора*

довые условия на морях и океанах, обеспечивать безопасность мореплавания и оценивать влияние подстилающей поверхности на атмосферные процессы.

Уже сейчас для изучения нашей планеты из космоса применяются различные способы получения изображений Земли: телевизионная и фотогра-

фическая съемка, термовидение в инфракрасной и микроволновой областях спектра. В сущности, все вопросы, связанные с исследованием природной среды, могут решаться автоматическими спутниками. Вместе с тем, необходимость сознательного выбора объектов изучения, возможность испытаний, проверки

и регулирования в полете сложной аппаратуры, выбор наиболее благоприятных условий съемки — все это приведет в космос метеорологов. Сочетание автоматики с активной работой специалиста-космонавта даст возможность претворить в действительность самые смелые проекты изучения Земли из космоса.



## ЗАПУСК «ВЕРТИКАЛЬ И»

В соответствии с программой сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства в мирных целях 20 августа 1971 г. в 6 часов по московскому времени с территории Европейской части СССР в средних широтах произведен запуск геофизической ракеты «Вертикаль II» на высоту 463 км.

Геофизическая ракета «Вертикаль II» предназначена для продолжения комплексных исследований ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца, параметров ионосферы и метеорных частиц.

Головная часть ракеты состояла из спасаемого контейнера и приборного отсека. В спасаемом контейнере размещалась научная аппаратура для проведения геофизических исследований, разработанная и изготовленная в Польской Народной Республике и Советском Союзе, и приборы для изучения микрометеоров, разработанные и изготовленные совместно Венгерской Народной Республикой, Советским Союзом и Чехословацкой Социалистической Республикой.

В приборном отсеке была установлена аппаратура для геофизических и ионосферных исследований, разработанная и изготовленная в Германской Демократической Республике и Советском Союзе по совместным техническим заданиям ученых Народной Республики Болгарии, Германской Демократической Республики, Советского Союза и Чехословацкой Социалистической Республики.

Общий вес головной части ракеты «Вертикаль II» с научной аппаратурой составлял 1300 кг.

В районе запуска геофизической ракеты «Вертикаль II» производились измерения поглощения радиоволн на частотах 1,0; 1,5 и 2,0 МГц с помощью наземной установки «АМА» Германской Демократической Республики.

На нисходящем участке на высоте 90 км было произведено отделение спасаемого контейнера с научной аппаратурой, который приземлился с помощью парашютной системы.

Специалисты ГДР, ПНР и СССР принимали участие в монтаже и испытаниях научной аппаратуры, установленной на ракете «Вертикаль II», а также в ее запуске.

Предварительный анализ полученных материалов показал, что аппаратура работала в полете нормально.

Научные организации стран-участниц совместного эксперимента приступили к обработке полученной научной информации.

## НАБЛЮДЕНИЕ КОМЕТЫ С ИСЗ

14 января 1970 г., в то время, когда комета Таго — Сато — Косака (1969 g) находилась на расстоянии 0,429 а.е. от Солнца, на нее были направлены ультрафиолетовые фотометры, установленные на борту искусственного спутника Земли ОАО-2. Исследования, которые невозможно провести с Земли из-за поглощения

ультрафиолетовых лучей атмосферой, привели к открытию вокруг ядра кометы огромного водородного облака. Его поперечник больше, чем диаметр Солнца.

Это было первое наблюдение кометы с борта искусственного спутника Земли.

«La recherche», 2, 1970.

## ОДНОЙ РАКЕТОЙ-НОСИТЕЛЕМ — ВОСЕМЬ ИСЗ!

13 марта 1971 г. в Советском Союзе был произведен запуск группы искусственных спутников Земли серии «Космос»: «Космос-444», «Космос-445», «Космос-446», «Космос-447», «Космос-448», «Космос-449», «Космос-450» и «Космос-451». Все эти спутники были выведены на орбиту одной ракетой-носителем.

Кроме научной аппаратуры, спутники снабжены радиосистемой для точного измерения элементов орбиты и радиотелеметрическими системами для передачи на Землю данных о работе приборов и аппаратов.

Напомним, что в соответствии с программой, объявленной ТАС 16 марта 1962 г., спутники этой серии запускаются для исследования околоземного космического пространства и верхних слоев атмосферы Земли, а также для решения различных технических проблем связанных с космическими полетами.



Б. Ю. ЛЕВИН

доктор физико-математических наук

# Происхождение Земли

Около 25 лет назад было понято, что Земля и другие планеты земной группы образовались не из раскаленных сгустков солнечных газов, а путем аккумуляции (постепенного собирания) холодных частиц. Газо-пылевое протопланетное облако, в котором происходил этот процесс, скорее всего, отделилось от сжимающегося протосолнца вследствие достижения им ротационной неустойчивости. Если облако отделилось от еще холодного протосолнца, в нем могли сохраниться твердые межзвездные частицы. Когда Солнце начало излучать, они подверглись частичному испарению, а потом снова конденсировались. Более вероятно, что протопланетное облако отделилось от уже горячего протосолнца, а конденсация пылинок протекала в облаке по мере его охлаждения.

Трение пылинок о газ и взаимные неупругие столкновения пылинок сокращали скорости их хаотических движений. Пылинки постепенно собирались вблизи центральной плоскости облака. Здесь, в плоском пылевом диске, возникло множество тел астероидных размеров. Образование этих тел, промежуточных между пылью и современными планетами, длилось не очень долго (по астрономическим масштабам), меньше  $10^6$  лет. Дальнейшая аккумуляция астероидных тел и их обломков, возникавших при столкновениях, продолжалась около  $10^8$  лет (для планет земной группы). В случае планет-гигантов начальный этап их образования тоже состоял в аккумуляции твердых тел, но затем они (в первую очередь — Юпитер и Сатурн) вобрали в себя и газы.

Сокращенное изложение доклада, прочитанного на V Генеральной ассамблее Международного геодезического и геофизического союза.

Эта картина происхождения Земли и планет опиралась в основном на механические свойства солнечной системы, а также на деление планет на две группы, отличающиеся массой и составом. В годы возникновения этой картины — два десятилетия тому назад — казалось, что все тела земной группы имеют более или менее одинаковый состав, сходный с составом хондритовых метеоритов. В дальнейшем выяснилось, что как различные группы хондритовых метеоритов, так и разные планеты земной группы содержат различное количество железа. Кроме того, в метеоритах, а возможно и в планетах земной группы, имеются важные различия в содержании некоторых рассеянных элементов. Все это указывает на то, что во внутренней зоне протопланетного облака происходили процессы химического фракционирования, сущность которых пока что плохо понятна. Некоторые геофизики и геохимики для объяснения химических данных предполагают очень быструю аккумуляцию Земли, несовместимую с нарисованной выше картиной. Зачастую это делается ради получения сравнительно высокой начальной температуры Земли, порядка  $1500—2000^\circ$ . Однако, как будет пояснено ниже, подобная начальная температура Земли получается и при длительной ее аккумуляции (при правильном учете всех обстоятельств образования Земли). Есть основания надеяться, что и химические данные найдут себе объяснение в рамках той же картины.

## ХИМИЯ ПРОТОПЛАНЕТНОГО ОБЛАКА

Сейчас можно считать достаточно хорошо аргументированным, что Солнце и протопланетное облако образовались совместно. Но существуют три гипотезы, по-разному описы-

вающие отделение облака от протосолнца и, наоборот, встречающие серьезные возражения\*. Это затрудняет изучение происхождения Земли, в особенности химические аспекты проблемы, которые тесно связаны с начальной эволюцией протопланетного облака.

В последние годы установлено, что синтез элементов в Галактике длится по крайней мере 10 млрд. лет. Таким образом, планетное вещество — некий суммарный продукт непрерывного синтеза, к которому за 30—300 млн. лет до образования солнечной системы были добавлены свежие продукты взрыва Сверхновой. Это следует из того, что в метеоритах обнаружены продукты распада таких короткоживущих изотопов, как иод-127 и плутоний-244.

В планетном веществе, как известно, присутствуют литий, бериллий, бор — элементы, которые быстро выгорают в ходе ядерных реакций в недрах звезд. На протяжении 60-х годов большинство исследователей связывало их возникновение с дополнительным синтезом элементов, якобы происходившим на ранней стадии образования солнечной системы. Предполагалось, что при этом образовался и такой короткоживущий изотоп, как алюминий-26, имеющий период полураспада 0,74 млн. лет. Однако предложенные процессы дополнительного синтеза отпали один за другим. Поэтому сейчас представляется крайне сомнительным, что короткоживущие изотопы играли какую-либо роль в начальном нагреве планетных тел или даже их предшественников — астероидных тел.

При совместном образовании Солнца и протопланетного облака начальная температура отделявшегося от протосолнца вещества, вероятно, была высокой — около 2000°. И только когда вещество отодвинулось от Солнца и начало остывать, появилась возможность конденсации в нем твердых пылинок.

Ход конденсации определяется плотностью вещества протопланетного облака и скоростью его остывания, от которой зависит характер процесса конденсации. Большинство исследователей отдают предпочтение равновесной конденсации, при которой предполагается равновесие между пылинками и газом. Если вещество облака остывало быстро, то состав поверхностных и центральных частей пылинок мог оказаться различным. Пылинки получались слоистыми. Другие исследователи считают, что характер конденсации был нерав-

новесным. В этом случае даже однотипные пылинки должны сильно отличаться друг от друга своим составом.

Но как остывало облако и каков был истинный характер конденсации, мы не знаем, и это приводит к неопределенности наших представлений о химических процессах в облаке. Тем не менее уже получены существенные данные о ходе конденсации при том или ином варианте остывания облака для многих элементов и для соединений, которые должны были при этом образовываться.

Согласно Дж. Ларимеру (США), который рассматривал равновесную конденсацию, при температуре 1800—1900° К становятся твердыми самые нелетучие элементы и соединения. Но их общая масса ничтожно мала. При температуре около 1300° К конденсируется железо\*. В туманности, являющейся благодаря изобилию водорода восстановительной средой, железо конденсируется в виде металла. Лишь когда температура упадет до 400° К, начинается окисление железных пылинок в результате взаимодействия с водяным паром. Чуть раньше железа, при температуре около 1350° К начинают конденсироваться силикаты. При температуре около 1200° К, когда завершается конденсация железа и силикатов, около 90% всех нелетучих веществ протопланетного облака переходит в твердое состояние.

Ценный источник фактических данных, которые могут быть использованы для изучения химической эволюции солнечного протопланетного облака, — метеориты. Среди них встречаются углистые хондриты I типа, состав и структура которых, видимо, ближе всего к составу и структуре тел, аккумулировавшихся из первичной пыли протопланетного облака. Углистые хондриты I типа содержат окисленное железо, некоторое количество соединений углерода и гидратированные силикаты. Эта разновидность метеоритов меньше изменена последующими процессами. Остальные типы метеоритов, подвергшиеся нагреву в недрах астероидных тел, лишились воды и соеди-

\* В первой статье Ларимера (1967 г.) для температуры конденсации железа в протопланетном облаке было приведено завышенное значение — 1600 К. Вскоре сам автор исправил эту ошибку. Но это не было замечено К. Турекьяном и С. Кларком (США), которые выдвинули гипотезу, что железные пылинки могли успеть объединиться в одно тело — будущее железное ядро Земли — раньше, чем температура облака снизилась на 300° и началась конденсация силикатов, образовавших мантию Земли. Однако в любом случае невозможно представить, что железные пылинки успели аккумулироваться за короткое время остывания облака.

\* Б. Ю. Левин. Вопросы планетной космогонии наших дней. «Земля и Вселенная», № 6, 1967 г. (Прим. ред.)

нений углерода. Изменилась их минералогическая структура, размеры частиц.

В углистых хондритах I типа химические элементы, в том числе и элементы умеренной летучести, содержатся в тех же относительных количествах, как в Солнце и в большинстве звезд. Эти относительные содержания соответствуют тому, что мы знаем о различных процессах ядерного синтеза, приведших к образованию элементов, из которых сложены Солнце, Земля, планеты и метеориты. В метеоритах других типов имеется тот или иной дефицит умеренно летучих элементов. Сейчас исследователи метеоритов спорят, происходила ли потеря умеренно летучих элементов еще в ходе аккумуляции тех тел, обломками которых являются метеориты, либо в результате выделения этих элементов в пространство из недр «родительских» тел.

Таким образом, изучение метеоритов разных типов дает очень интересные сведения о первых этапах химической эволюции допланетных тел.

## ПРИРОДА ЗЕМНОГО ЯДРА

Для изучения внутреннего строения Земли и других планет земной группы решающее значение имеет вопрос об истории такого обильного элемента, как железо.

Хотя железо и нелетучий элемент, содержание его в различных группах хондритовых метеоритов неодинаково, от 20 до 30%. Как и где произошло разделение по содержанию железа, мы пока что не знаем.

Вопрос о содержании железа в планетах еще сложнее. Все планеты земной группы и Луна сильно отличаются друг от друга по содержанию железа. Например, в Луне железа содержится не более 20—25%, а возможно, и существенно меньше, тогда как в Меркурии его 60—70%, что, очевидно, связано с близостью Меркурия к Солнцу. Если исключить Меркурий, то для остальных трех планет земной группы и Луны различия в содержании железа можно уменьшить, допустив, что плотные ядра Земли и Венеры состоят в основном из металлизированных силикатов и лишь частично из металлического железа. Однако экспериментальные и теоретические данные порождают сомнения в том, что силикаты могут перейти в плотное металлическое состояние при давлении, существующем на границе ядра и мантии. Поэтому большинство геофизиков придерживается гипотезы железного ядра.

До недавнего времени считали, что Земля аккумуляровалась как однородное тело, а ядро образовалось позднее. Предполагается, что

опускание железа в ядро началось после того, как слой Земли (на глубине 200—300 км) разогрелся до температуры частичного плавления. Более глубокие слои, которые вследствие возрастания давления с глубиной имеют большую температуру плавления, достигают ее в результате выделения тепла при опускании железа. Но пока не удастся объяснить, откуда и как Земля приобрела так много металлического железа (или никелистого железа). Если же она содержала только окисленное железо, то какова была природа восстановительного процесса, действовавшего внутри Земли?

Потенциальной гравитационной энергии, выделившейся при опускании железа в ядро, было достаточно, чтобы повысить температуру всей Земли на 2000°. Но эта энергия была бы распределена неравномерно — так, что вся земная мантия оказалась бы частично расплавленной. В сочетании с последующим выделением радиогенного тепла это привело бы к тому, что в настоящее время вся мантия была бы полностью расплавленной, а между тем сейсмические данные указывают на то, что она твердая.

На протяжении последних 10—20 лет выяснилось, что ядро из металлического железа без примеси каких-либо легких элементов имело бы слишком высокую плотность — большую той, которая получается из геофизических данных.

А. Рингвуд (Австралия) полагает, что в состав железного ядра Земли входит около 15% кремния. Согласно его взглядам, Земля образовалась из вещества, подобного веществу углистых хондритов I типа. Соединения углерода, которые содержатся в таких метеоритах, способны восстановить окисленное железо. Правда, при этом должно появиться огромное количество углекислого газа (около  $\frac{1}{4}$  массы Земли), а как от него избавиться — неясно. Рингвуд предполагает, что на заключительной стадии аккумуляции Земли ее поверхностные слои были разогреты в результате ударов формировавших ее тел и имели температуру около 2000° К, при которой восстанавливается не только железо, но и кремний. Железный расплав, содержащий кремний, опустился вниз, образовав ядро.

В качестве легких примесей к железному ядру, способных снизить его плотность, кроме кремния называют также серу (в виде сернистого железа — троилита), окись магния, окись железа. Присутствие троилита в метеоритах и низкая температура его плавления, в особенности — в присутствии железа, делают его одним из основных кандидатов на эту роль.

Интересный вариант гипотезы металлизированных силикатов предложен советским геофизиком Е. В. Артюшковым. Он считает, что в плотное металлическое состояние переходят лишь некоторые компоненты вещества мантии, тогда как другие легкие компоненты, составляющие значительную долю этого вещества, остаются неметаллизированными. Они должны отделиться от жидких плотных металлизированных соединений и собраться у границы ядра и мантии. Будучи менее плотными, чем силикаты мантии, эти неметаллизированные вещества способны, собравшись в больших количествах, подняться сквозь твердую мантию, несмотря на ее огромную вязкость, и образовать верхнюю мантию или, быть может, смешаться с уже находившимся здесь веществом для того, чтобы вместе с ним образовать верхнюю мантию. Подъем больших масс легкого вещества от границы мантии и ядра в верхние слои — мощный источник энергии для тектонических процессов.

Итак, мы до сих пор не имеем удовлетворительной гипотезы происхождения плотного ядра Земли и не знаем, какой процесс привел к различиям в содержании железа в планетах и метеоритах. Это — один из главных пробелов в современной планетной космогонии.

## ТЕПЛОВАЯ ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ

Тепловая история Земли и планет земной группы определяется их «начальной» температурой и теплом, которое выделяют долгоживущие радиоактивные элементы. Под начальной температурой Земли понимают температуру, которая существовала, когда аккумуляция Земли практически завершилась. При расчетах тепловой истории необходимо учитывать перераспределение радиоактивных элементов в ходе дифференциации недр, начавшееся после их частичного расплавления.

Гравитационная энергия, выделившаяся при аккумуляции Земли, если бы она целиком пошла на нагревание, могла бы увеличить температуру земного шара почти на  $40\,000^\circ$ . Однако этого не произошло, поскольку большая часть энергии была излучена в пространство.

Около 20 лет назад поверхностная температура растущей Земли вычислялась в предположении равновесия между выделением тепла от ударов пылевых частиц и тепловым излучением. При ударах пылинок тепло выделяется на самой поверхности. Поэтому большая часть тепла должна излучаться, и получалось, что начальная температура Земли должна быть низкой.

Эта схема термического равновесия на поверхности в неявной форме предполагает, что промежуточных тел астероидных размеров не было, а существовал лишь один зародыш Земли, тогда как бесчисленные пылевые частицы терпеливо ждали своей очереди, чтобы присоединиться к этому единственному зародышу. Однако в дальнейшем стало ясно, что значительная часть массы Земли была принесена телами астероидных размеров. К сожалению, устаревшая схема теплового равновесия на поверхности продолжает применяться и ныне. При этом многие авторы, желая получить высокую начальную температуру Земли (а для этого надо усилить интенсивность бомбардировки поверхности Земли), произвольно сокращают длительность аккумуляции до  $10^3$ — $10^4$  лет. Однако и советский ученый В. С. Сафронов, и американский ученый Г. Юри показали, что время аккумуляции должно быть порядка  $10^8$  лет. Невозможно уменьшить это время на несколько порядков, не вступая в противоречие с сегодняшним строением внутренней зоны солнечной системы — зоны планет земной группы.

При ударах тел астероидных размеров несколько процентов энергии выделяются в форме сейсмических волн, которые проникают в глубокие недра и нагревают их. Отсюда тепло не может легко ускользнуть в пространство. Достаточно всего лишь 3–5% общей гравитационной энергии, чтобы нагреть Землю на  $1200$ — $2000^\circ$ . Температура плавления возрастает с давлением, так что подобные начальные температуры земных недр не означают их расплавленного состояния (быть может, за исключением верхнего слоя мантии). Таким образом, сравнительно высокая начальная температура Земли представляется неизбежной, даже если аккумуляция длилась около  $10^8$  лет.

Следует также подчеркнуть, что во всех количественных исследованиях начальной температуры Земли в неявной форме предполагается, что в течение всей аккумуляции, даже на ее заключительной стадии, Земля не обладала атмосферой, так что тепло излучалось твердой поверхностью непосредственно в пространство. Между тем, возможно, что образование атмосферы началось еще во время аккумуляции в результате дегазации при ударах. Запыленная теплоизолирующая атмосфера могла заметно повысить начальную температуру наружных частей Земли.

В результате ударов крупных тел образуются большие кратеры, под которыми возникает нагретая зона, простирающаяся до глубины в десятки и даже сотни километров. Эти зоны

остаются горячими или, по крайней мере, теплыми в течение миллионов лет. Они оказываются похороненными под нарастающими внешними слоями и создают первичную неоднородность температуры земных недр. Позднее, в ходе разогревания земных недр радиогенным теплом, в областях с повышенной начальной температурой частичное плавление и магматическая дифференциация начинаются раньше.

Стоит отметить, что представляются вероятными крупномасштабные первичные неоднородности температуры, но не химического состава. Даже если допустить, что некоторые из тел астероидных размеров имели особый химический состав, это особое вещество оказалось бы лишь небольшой примесью к веществу, выброшенному из кратера, образованного взрывом. Таким образом, даже аккумуляция тел различного химического состава не создала бы крупных химических неоднородностей, а только слегка слоистую структуру.

Другой механизм нагрева предложен недавно американским ученым К. Сонеттом и его сотрудниками. Предполагается, что молодое Солнце прошло через стадию звезды типа Т Тельца, во время которой оно должно было испускать солнечный ветер в миллионы раз интенсивнее современного. Такой мощный ветер должен был создать индукционный нагрев в планетных телах. Хотя этот нагрев мог продолжаться всего  $(1-2) \cdot 10^6$  лет, авторы применяют этот механизм не только к нагреву тел астероидных размеров, формирование которых могло быть быстрым, но также и к Луне и Меркурию, аккумуляция которых должна была длиться около  $10^5$  лет. В течение первых миллионов лет после образования Солнца, ни Луна, ни Меркурий еще не существовали и поэтому не могли быть нагреты интенсивным солнечным ветром. Было бы еще более неправильным пытаться применить этот механизм нагрева и к Земле.

Электрический нагрев возможен, если только недра нагреваемых тел имеют довольно высокую электропроводность. Поскольку электропроводность горных пород возрастает с температурой, необходима достаточно высокая начальная температура недр — около  $600-800^\circ\text{K}$ . Сонетт и его коллеги предполагали, что первоначальный нагрев астероидных тел был вызван распадом алюминия-26, что дало возможность вступить в действие индукционному нагреву. Однако, как уже было сказано выше, в самое последнее время присутствие в астероидных телах алюминия-26 или иного сходного с ним короткоживущего изотопа стало крайне сомнительным, и потому те-

перь неясно, могли ли осуществиться начальные условия, необходимые для индукционного нагрева. Но даже, если Земля и сформировалась из астероидных тел с горячими недрами, начальная температура планеты не претерпела бы существенных изменений: большая часть этого тепла была бы излучена прочь при ударах тел о растущую Землю.

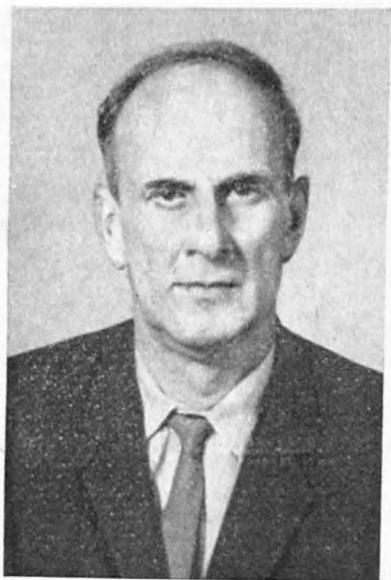
Существует и еще один, правда, практически неизученный, источник начального разогрева Земли — деформации земного шара лунными приливами. Луна в ходе приливной эволюции системы Земля — Луна непрерывно удалялась от Земли. Когда-то она была ближе к Земле, чем теперь, и приливы были много больше, ибо амплитуда приливов, а, следовательно, и приливная генерация тепла сильно зависят от расстояния между Землей и Луной.

Если бы тепло, генерированное приливами, равномерно распределялось по всему объему Земли, то даже при небольшом начальном расстоянии Луны от Земли температура нашей планеты увеличилась бы незначительно. Например, при начальном расстоянии в 10 радиусов Земли температура земных недр поднялась бы всего на  $100^\circ$  при условии, что на это пошло 25% энергии, а 75% тепла выделилось в мелководных морях. Однако с самого начала в верхних слоях Земли — на месте современной верхней мантии — существовал слой пониженной вязкости и большая часть энергии приливных деформаций должна была выделяться именно здесь. Если этот слой охватывал  $1/10$  часть земной массы, то температура в слое (в приведенном выше примере) возросла бы на  $1000^\circ$ . Очевидно, приливная энергия должна была играть очень важную роль в ранней тепловой истории верхней мантии.

Исследования тепловой истории Земли проводятся путем математических расчетов, основанных на предполагаемой начальной температуре и предполагаемом содержании радиоактивных элементов. Имеется всего несколько «граничных условий», позволяющих отбросить неприемлемые варианты, — современный тепловой поток через поверхность, твердое состояние мантии и расплавленное состояние внешней части ядра.

Расчеты показывают, что для модели Земли с ядром из металлизированных силикатов можно получить тепловую историю, согласующуюся с «граничными условиями». Но для модели с железным ядром, образовавшимся после аккумуляции Земли, не удалось воссоздать приемлемую тепловую историю.

Правда, совсем недавно — в начале 1971 г. — появились указания на то, что при высоких температурах и давлениях, существующих в



## ПОЗДРАВЛЯЕМ Э. Р. МУСТЕЛЯ

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 2 июня 1971 г. член-корреспондент АН СССР Эвальд Рудольфович Мустель награжден орденом Ленина за заслуги в развитии советской науки и в связи с 60-летием со дня рождения.

Э. Р. Мустель — председатель Астрономического совета АН СССР, вице-президент Международного астрономического союза и член Международного совета по солнечно-земной физике.

Широко известны работы Э. Р. Мустеля в области теории звездных атмосфер, физических процессов, сопровождающих вспышки Новых и Сверхновых звезд, структуры хромосферы и физике хромосферных вспышек (работы, выполненные совместно с академиком А. Б. Северным, удостоены Государственной премии СССР). В последние годы Э. Р. Мустель много и успешно занимается исследованием солнечных корпускулярных потоков и проблемой их воздействия на циркуляцию земной атмосферы.

Редакционная коллегия и читатели журнала «Земля и Вселенная» сердечно поздравляют Эвальда Рудольфовича с высокой наградой и желают ему многих лет плодотворной деятельности на благо развития астрономии в нашей стране.

---

---

недрах Земли, щелочные элементы, и в частности калий, могут становиться халькофильными, т. е. приобретать свойство концентрироваться в сульфидной фазе. Если снижение плотности железного ядра до значений, требуемых геофизическими данными, является результатом примеси к нему троилита, т. е. сернистого железа, то не исключено, что значительная часть калия (включая его радиоактивный изотоп калий-40) находится в ядре. Такое перемещение из мантии в ядро важного источника тепла означало бы некоторое сближение термической истории Земли для модели с железным ядром с термической историей для модели с металлизированным ядром.

Последние десятилетия было широко распространено представление, что земная кора образовалась и продолжает расти в результате постепенной магматической дифференциации верхней мантии — тех слоев, температура которых близка к температуре плавления. Таким же постепенным и длительным считали и процесс выделения газов и паров, образовавших атмосферу и гидросферу. Однако все гипотезы образования железного ядра (в отличие от гипотез образования металлизированного ядра) приводят к представлению о некогда пол-

ном расплавлении всей мантии. Возникает вопрос: совместимо ли это с малой толщиной земной коры или же дифференциация всей мантии привела бы к образованию значительно более толстой коры? Возникает также вопрос, как несмотря на выделение радиогенного тепла охладить мантию до ее современного твердого состояния. Обычно при этом ссылаются на конвекцию. Но дифференциация мантии, приводящая к увеличению концентрации тяжелых веществ с глубиной, должна затормозить конвекцию. Правда, сама гравитационная дифференциация означает перемешивание вещества. Но способен ли этот процесс обеспечить затвердевание некогда расплавленной мантии — пока неизвестно. Это одна из основных проблем для будущих исследований.

Как видно из сказанного выше, в разработке теории происхождения и развития Земли имеются трудности и нерешенные вопросы. Но никто из исследователей не ставит под сомнение основную идею об аккумуляции Земли и родственных ей планет из твердых тел и частиц.



## ПЕРВЫЕ СНИМКИ МАРСА В ПЕРИОД ВЕЛИКОГО ПРОТИВОСТОЯНИЯ 1971 ГОДА.

Несмотря на то, что условия для оптических наблюдений Марса в период великого противостояния в 1971 г. значительно хуже, чем в 1956 г. (склонение Марса около  $-22^\circ$  вместо  $-10^\circ$  в 1956 г.), в южных обсерваториях нашей страны успешно ведутся фотографические и спектральные наблюдения этой планеты. Например, в Шемахинской астрофизической обсерватории (ШАО) АН АзССР, расположенной на широте около  $42^\circ$ , высота Марса над горизонтом в момент кульминации составляет около  $26^\circ$ . Но если учесть, что сама обсерватория возвышается на 1,5 км над уровнем моря, то легко понять, что в этом пункте условия для наблюдений Марса достаточно благоприятны.

Комиссия по физике Луны и планет еще в прошлом году утвердила программу наземных наблюдений Марса в период его великого противостояния. Был составлен, в частности, план наблюдений Марса на 2-метровом телескопе ШАО по совместной программе хозяев телескопа и украинских астрономов из Главной астрономической обсерватории (ГАО) АН УССР.

Руководство Шемахинской обсерватории предоставило наблюдателям Марса время для работы с середины июля до середины сентября. Этого оказалось достаточно для последовательного изучения всей поверхности планеты, поскольку видимый с Земли полный оборот Марса длится около 40 земных суток (период точного вращения Марса примерно на 37 минут больше, чем у Земли).

Чтобы получить снимки Марса, в окулярный узел системы Кудз установлен камеру, позволяющую фотографировать Марс на пленку без дополнительного увеличения. Масштаб снимков составляет примерно 2,8 дуговой секунды в одном миллиметре, так что диаметр изображения Марса в момент противостояния равен примерно 9 мм. Наблюдения ведутся на пленках типа А-700 и А-600 с шестью интерференционными фильтрами, вырезающими узкие участки спектра в области 3600—6200 А.

Серия пробных снимков была сделана 21—22 июля при долготе центрального меридиана Марса около  $210^\circ$ . (Снимки Марса опубликованы на 3-й странице обложки.) На фотографиях, полученных с красным фильтром, хорошо видна цепь юж-

ных морей. Видимость их постепенно ухудшается по мере приближения к ультрафиолетовому концу спектра, а в ультрафиолетовых лучах моря полностью исчезают. Единственные детали диска Марса в этих лучах — полярные шапки, из которых южная, наклоненная к Земле, выглядит особенно яркой.

Снимки, полученные позднее (25—26 июля), были подвергнуты предварительной фотометрической обработке. В результате удалось выявить ряд интересных особенностей. Прежде всего, оказалось, что яркость южной полярной шапки втрое превосходит яркость центральной области диска в ультрафиолетовом участке спектра. Это означает, что в период наблюдений яркость южной полярной шапки примерно вдвое больше, чем в соответствующий период прошлого великого противостояния (1956 г.). Возможно, это связано с уплотнением вещества в облачной составляющей шапки или, скорее всего, с увеличением площади, занятой светлым веществом на поверхности полярного района. Сравнение спектрального хода яркости южной полярной шапки с аналогичными данными за 1956 г. показывает, что основной является поверхностная составляющая (как и в 1956 г. шапка хорошо просматривается в красных лучах).

На снимках, полученных с красным фильтром, цепь южных морей в области ареографических долгот примерно  $100-200^\circ$  имеет умеренный контраст с примыкающими материками. Так, контраст яркости Моря Сирен составляет в красных лучах приблизительно 30%, постепенно снижаясь в сторону коротких длин волн. Только около 4200 А контраст материк — море полностью исчезает. Такой спектральный контраст Моря Сирен с материками наблюдался в июле — августе 1956 г. до появления на Марсе знаменитой пылевой бури. Отсюда можно сделать вывод, что прозрачность марсианской атмосферы в июле 1971 г. была умеренной. Во всяком случае, никаких аномальных атмосферных явлений в этот период на Марсе не наблюдалось.

Выполнение программы наземных наблюдений Марса позволит получить ценные данные о физических условиях на планете.

И. К. КОВАЛЬ  
доктор физико-математических наук

## БОГАТ ЛИ ЖЕЛЕЗОМ ПЛУТОН?

Согласно космогонической гипотезе известного английского астронома Ф. Хойла и индийского ученого Н. Викрамасингха, далекие планеты солнечной системы, в частности Плутон, не должны содержать много железа.

Канадский ученый П. Маннинг обнаружил в спектре Плутона полосы, сходные с полосами поглощения различных соединений железа. Учитывая отражательную способность, цвет и среднюю плотность планеты, Маннинг пришел к выводу, что Плутон богат железом. Это противоречит гипотезе Хойла — Викрамасингха.

«Nature», 230, 5291, 1971.

## КАК ВОЗНИКЛО ДЕЛЕНИЕ КАССИНИ?

Обычно считается, что деление Кассини — темный промежуток, разделяющий два светлых концентрических кольца, окружающие планету в плоскости ее экватора, — своим происхождением обязано возмущениям от спутника Сатурна Мимаса, период обращения которого вокруг планеты ровно вдвое больше периода обращения частиц кольца в районе деления Кассини. Соизмеримость периодов должна была привести к «выметанию» частиц из этой зоны.

По мнению немецких физиков Т. Вальша и П. Циммермана, действом Мимаса нельзя объяснить большую ширину деления Кассини (3000 км). Кроме того, его середина смещена на 200 км от орбиты, соответствующей точной соизмеримости периодов. Предполагается, что Мимас когда-то был гораздо массивнее и двигался на 3000 км дальше от Сатурна, чем теперь.

«Nature», 230, 5291, 1971.

## МОЖНО ЛИ ОБНАРУЖИТЬ «ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ»?

Известно, что сверхмассивная звезда, коллапсируя, может уйти под гравитационный радиус. Для внешнего наблюдателя подобные объекты должны представляться чем-то вроде «черных дыр», т. е. тел, которые не излучают ни света, ни нейтрино, ни гравитационных волн. Трудно сморяться с тем, что такие тела (которые, кстати говоря, могут возникнуть и иными путями) недоступны обнаружению. И именно поэтому ученые пытаются «обойти» неуловимое следствие общей теории относительности,

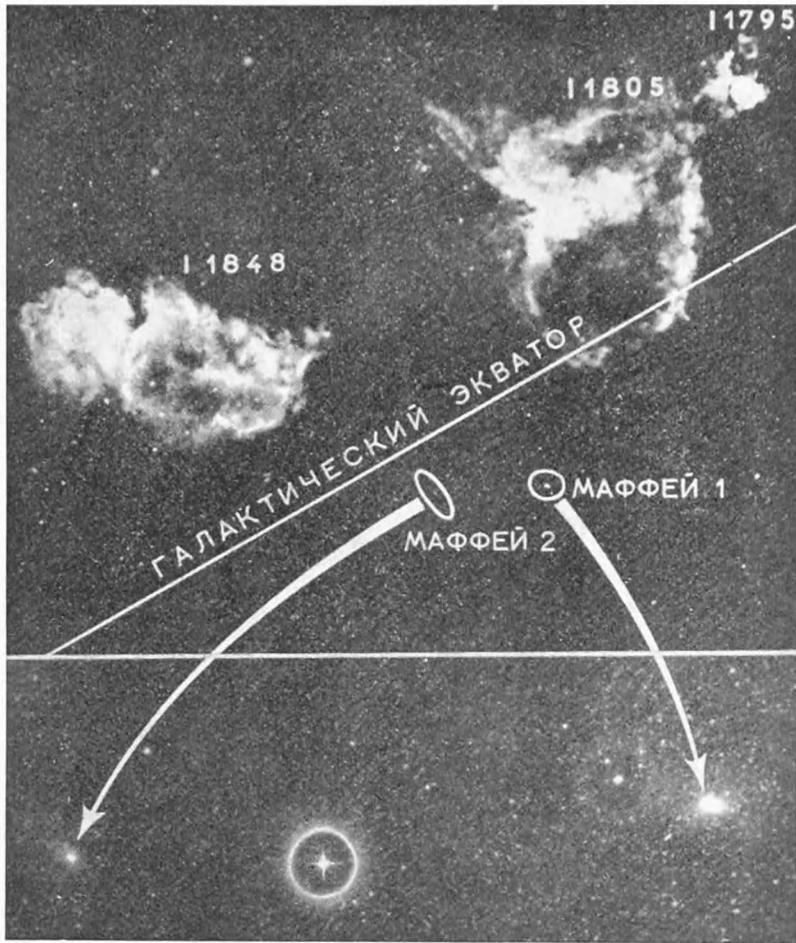
обращая внимание на то, что «черная дыра» должна обладать статическим гравитационным полем, стягивающим на себя межзвездный газ. Существенно, что часть газа, падающего на звезду, будет перерабатываться в излучение, порождая ореолы вокруг «черных дыр». Отсюда следует, что, может быть, одиночные «черные дыры» наблюдаются уже сегодня в виде слабых оптических звезд (например, ими могут оказаться некоторые звезды, принимаемые до сих пор за белые карлики) с пестрым спектром, простирающимся вплоть до радиочастот. Этим и другим интересным проблемам, связанным с обнаружением застывших звезд, посвящена статья молодого советского ученого В. Ф. Шварцмана «Ореолы вокруг «черных дыр» («Астрономический журнал», 48, 3, 1971).

### ЕЩЕ ОДНА БЛИЗКАЯ ГАЛАКТИКА

Мы уже привыкли к тому, что галактики открывают на расстояниях в несколько миллиардов световых лет. Но совсем недавно группа американских астрономов пришла к заключению, что один из двух инфракрасных объектов, которые обнаружил в 1968 г. итальянский астроном П. Маффей, является массивной эллиптической галактикой («Astrophysical Journal», 163, 1, 1971). Расстояние до нее только в 2 раза превышает расстояние до ближайшей к нам спиральной галактики М 31 в созвездии Андромеды.

Изучая звезды типа Т Тельца, Маффей фотографировал отдельные участки неба на фотопластинках, чувствительных к инфракрасным лучам. На одной из них он обнаружил два протяженных объекта, которые не были видны на фотопластинках, чувствительных в синей области спектра. Сообщив о своем открытии, Маффей не высказал никаких предположений относительно природы этих инфракрасных объектов. Однако американский астроном Р. Ландау заметил, что оба объекта — Маффей 1 и Маффей 2 — лежат всего в полуградусе от галактического экватора и вполне могут быть близкими к нам галактиками.

Но почему соседние с нами галактики обнаружены лишь недавно? Виновата в этом межзвездная пыль. Известно, что межзвездная пыль сильно поглощает оптическое излучение, особенно в синей части спектра. Концентрируясь к галактической плоскости, она образует непрозрачный для внегалактических туманностей экран, в точности совпадающий с «зоной избегания галактики». В инфракрасных лучах пылевой



экран оказывается прозрачным, поэтому-то Маффей и удалось открыть близкие к нам объекты.

Пока детально исследован в оптическом и радиодиапазоне самый яркий из них Маффей 1. Это — эллиптическая галактика, у которой излучение в синей области спектра ослаблено из-за поглощения пылью более чем в 100 раз. Если бы поглощение отсутствовало, галактика была бы видна невооруженным глазом. Поток инфракрасного излучения с длиной волны 2,2 мк от центральных областей Маффей 1 и галактики М 31 одинаковы. Но от Маффей 1 не зарегистрировано излучение нейтрального водорода на волне 21 см. Следовательно, нейтрального водорода в галактике очень мало и его масса не превышает 0,1 массы водорода в М 31. Это и неудивительно, ибо эллиптические галактики, как правило, значительно беднее газом, чем спиральные, к которым относится галактика М 31.

Расстояние до Маффей 1 составляет примерно 3,3 млн. световых лет. Зная расстояние, можно оценить полную светимость галактики, а до ней — и массу. У галактики Маффей 1 масса равна  $10^{11}$  солнечных. Таким образом, она близка к массе нашей Галактики.

Второй, менее яркий инфракрасный объект Маффей 2 изучен только радиоастрономическими методами. Анализируя поток и спектр сантиметрового радиоизлучения, канадские радиоастрономы пришли к выводу, что Маффей 2 может быть спиральной галактикой. Это предположение получило значительную поддержку благодаря исследованиям радиоизлучения нейтрального водорода на волне 21 см, проведенного французскими радиоастрономами. Согласно их данным, Маффей 2 — типичная спиральная галактика, находящаяся от нас на расстоянии 9 млн. световых лет.

Н. Н. ЧУГАЙ

**Б. И. ВАЛНИЧЕК**  
доктор естественных наук (ЧССР)  
**И. П. ТИНДО**  
кандидат физико-математических  
наук (СССР)  
**Б. ШТАРК**  
доктор естественных наук (ГДР)

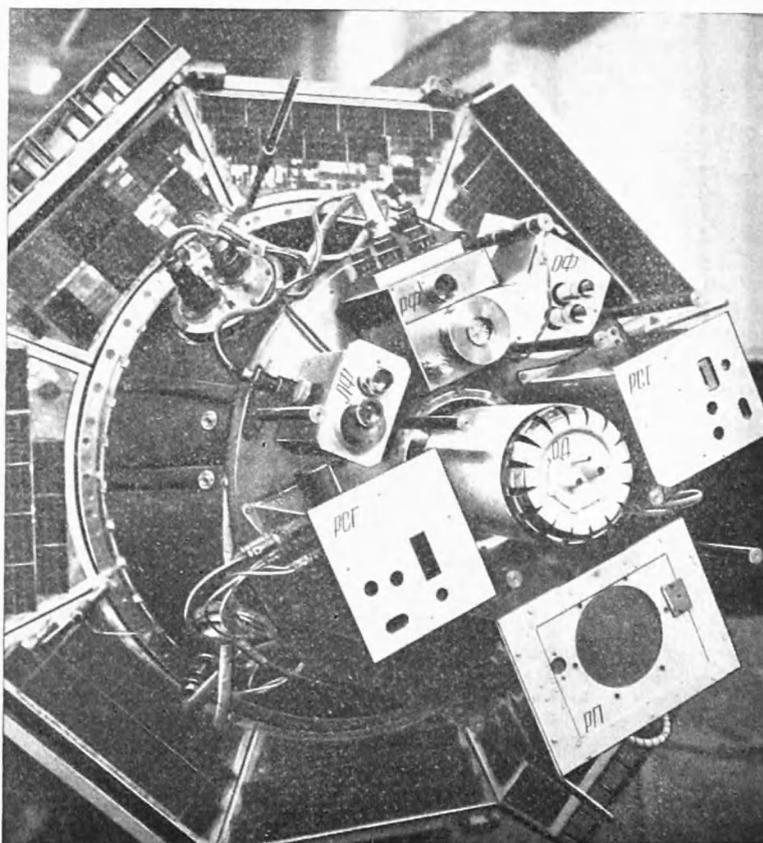
## В солнечном дозоре

Об очередном эксперименте, проведенном по программе сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства, рассказывают его участники.

14 октября 1970 г., ровно через год после запуска первого спутника серии «Интеркосмос», на орбиту вокруг Земли был выведен «Интеркосмос-4». Спутник снабжен приборами

для исследований коротковолнового солнечного излучения.

Как известно, человеческий глаз способен воспринимать из всего спектра электромагнитных волн лишь



*Научная приборы спутника «Интеркосмос-4»: ЛФ — лаймановский фотометр (ГДР), РФ — рентгеновский фотометр (ЧССР), ОФ — оптический фотометр (ЧССР), РСГ — рентгеновский спектрогелиограф (СССР), РП — рентгеновский поляриметр (СССР), ОД — оптический датчик системы ориентации*

# «Интеркосмос-4»

узкую полосу в диапазоне 0,4—0,7 мк. Мощный поток энергии, излучаемый Солнцем в этом, а также в несколько более длинноволновом инфракрасном диапазоне достигает поверхности Земли. Более коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца с длиной волны 0,2—0,29 мк полностью поглощается слоем озона высоко в стратосфере.

Наконец, ультрафиолетовое и рентгеновское излучение с длиной волны от 0,18 мк и до 0,00001 мк (0,1 Å), полностью поглощаемое в верхней атмосфере на высотах более 60 км, несет лишь ничтожную часть всей энергии, излучаемой Солнцем. Но именно это излучение оказывает определяющее воздействие на условия дальней и космической радиосвязи.

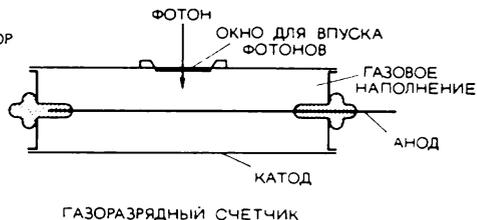
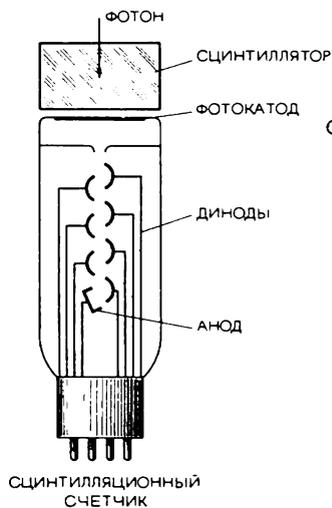
При хромосферных вспышках поток рентгеновского излучения Солнца возрастает во много раз. Происходят внезапные ионосферные возмущения, сопровождаемые нарушением радиосвязи на всем освещенном полушарии Земли. Одновременно из области вспышки выбрасываются потоки плазмы, достигающие окрестности Земли и вызывающие магнитные бури, полярные сияния и т. д.\* Тогда все околоземное пространство наполняется потоками ускоренных частиц, представляющих иногда большую опасность для космических полетов человека. Одной из основных задач исследования коротковолновой радиации Солнца как раз и стало выяснение обстоятельств возникновения и механизма развития вспышек.

\* С. Л. Манделъштам. Рентгеновское излучение Солнца. «Земля и Вселенная», № 4, 1967 г.

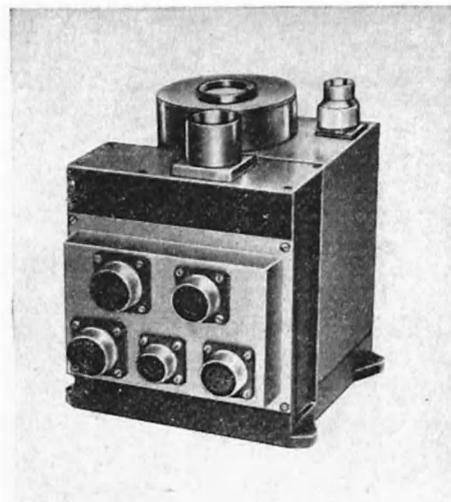
Научные результаты, полученные на первом совместном «солнечном» спутнике стран социализма, во многом оправдали надежды участников эксперимента\*.

Первый совместный эксперимент позволил ученым и инженерам ГДР, СССР и ЧССР накопить опыт, столь необходимый при планировании дальнейших исследований, проводимых в открытом космосе — своеобразной и не всегда «комфортабельной» среде, в которой должны без-

\* И. П. Тиндо, И. А. Житник. На орбите — «Интеркосмос-1». «Природа», № 4, 1970 г.

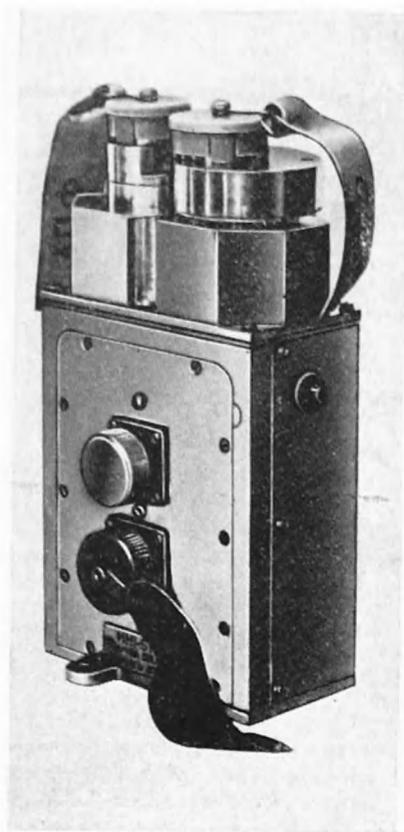


Датчики рентгеновского фотометра (схема). В сцинтилляционном счетчике рентгеновский фотон, поглощаясь в кристалле иодистого натрия, активированного таллием, вызывает вспышку света (scintilla, по-итальянски, искорка). Интенсивность световой вспышки пропорциональна энергии поглощенного фотона. Свет регистрируется фотоэлектронным умножителем. В газовом пропорциональном и в полупроводниковом счетчиках число фотоэлектронов, образуемых при регистрации фотона или частицы, также пропорционально поглощенной энергии

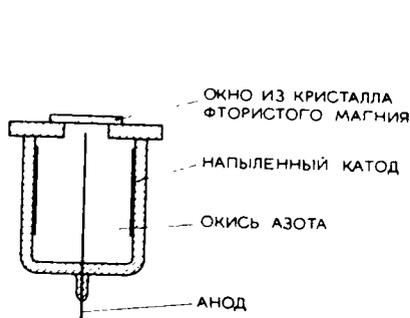


Блок датчиков рентгеновского фотометра. В верхней части прибора расположены входные окна сцинтилляционного счетчика и полупроводникового детектора частиц

отказно работать приборы, исследующие коротковолновую радиацию. Месяцы, прошедшие после окончания первого эксперимента, были по-

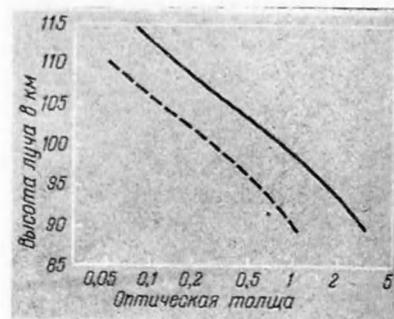
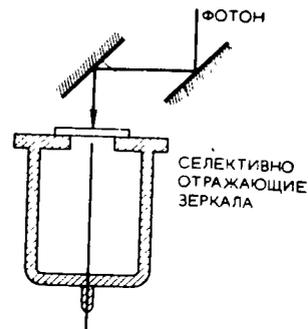


Блок датчиков ультрафиолетового фотометра для регистрации линии Лайман-альфа водорода (входные окна и кабельный разъем закрыты защитными крышками с флажками)



ИОНИЗАЦИОННЫЕ КАМЕРЫ

Ионизационные камеры для регистрации линии Лайман-альфа водорода. В отличие от фотометра, установленного ранее на «Интеркосмос-1», в одной из ионизационных камер (слева) прозрачный кристалл фтористого лития заменен кристаллом фтористого магния. Фтористый магний отличается повышенной устойчивостью к проникающей радиации. В дублирующей камере (справа) вредное влияние радиации уменьшено другим способом. Солнечное излучение, прежде чем попасть на окошко, проходит между специальными зеркалами, хорошо отражающими исследуемое излучение в линии Лайман-альфа и плохо — другие излучения, под воздействием которых может уменьшиться прозрачность окошка



Распределение кислорода в верхней атмосфере (по данным лаймановского фотометра «Интеркосмос-1»). Сплошная кривая — по данным модели атмосферы SIRA-65; пунктирная кривая — экспериментальные данные «Интеркосмос-1»

священы не только анализу научных результатов и разработке конструкций принципиально новых приборов, но и серьезному усовершенствованию уже испытанной аппаратуры с целью дальнейшего повышения ее надежности.

Ученые из Астрономического института Академии наук ЧССР подготовили для спутника «Интеркосмос-4» два прибора. Первый — оптический фотометр для изучения изменений прозрачности верхних слоев атмосферы в оптическом диапазоне, вызываемых влиянием высотных аэрозольных слоев. Второй — рентгеновский фотометр, измеряющий поток излучения от всего солнечного диска. Он состоит из трех датчиков разного типа. Датчик, работающий в мягкой области спектра (длина волн 2—10 Å),

снабжен пропорциональным газовым счетчиком рентгеновских фотонов. Для более жесткого излучения применен скинцилляционный кристалл йодистого натрия. Импульсы света, возникающие в кристалле при поглощении фотона, регистрируются фотоэлектронным умножителем. Затем амплитудный анализатор разделяет импульсы на пять энергетических диапазонов: 5—10, 10—20, 20—40, 40—60 и 60—100 кэВ. Третий датчик прибора — полупроводниковый детектор с монокристаллом кремния для измерения фона заряженных частиц при прохождении радиационных поясов. Выходные сигналы фотометра параллельно поступали также на вход специального радиопередатчика (СП), изготовленного в ГДР. Этот прибор передавал измеряемые значения с

борта спутника при его пролете над обсерваториями Советского Союза и социалистических стран Европы.

Рентгеновским фотометром удалось зарегистрировать спектр рентгеновского излучения нескольких крупных вспышек. Одновременно с рентгеновскими измерениями на борту спутника обсерватории социалистических стран вели наземные наблюдения «классическими» методами оптической и радиоастрономии. В частности, обсерватории в Ташкенте, Иркутске и Уссурийске зафиксировали на киноплёнку процесс развития трех больших вспышек, отмеченных и приборами «Интеркосмос-4».

Большой объем научной информации, полученной в Астрономическом институте Академии наук ЧССР со спутников «Интеркосмос», потребо-

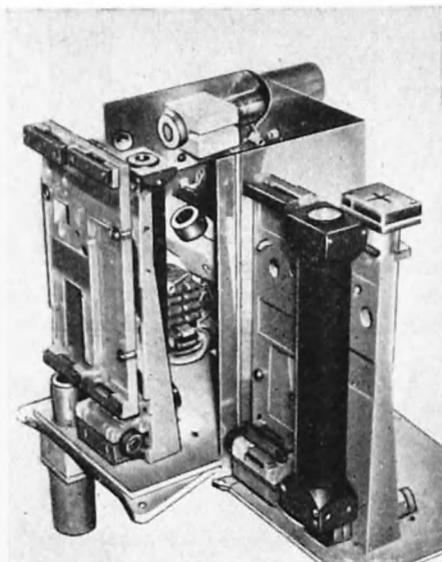
вал создания специальных устройств для быстрой первичной обработки телеметрических записей. Чехословацкие ученые и конструкторы разработали устройство для полуавтоматического считывания данных. Оператор только настраивает индикатор на измеряемую точку в проекции на экран и нажимает кнопку. Вся дальнейшая обработка происходит уже на счетной машине, которая выдает по заданной программе таблицу результатов или представляет их в форме готовых графиков.

Сотрудники Института имени Г. Герца Академии наук ГДР во время запусков «Интеркосмосов-1 и -4» исследовали поглощение солнечной ультрафиолетовой линии Лайман-альфа водорода (1216 Å). На исследуемых высотах линия Лайман-альфа поглощается только молекулярным кислородом.

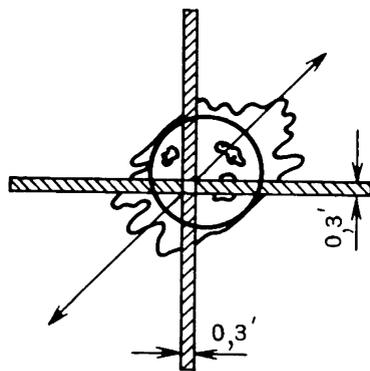
Лаймановский фотометр регистрировал кривую поглощения при входе спутника в тень Земли. В момент «ультрафиолетового захода» солнечное излучение последовательно достигает различных высот атмосферы. Используя известный коэффициент поглощения, определенный в лаборатории для чистого  $O_2$ , нетрудно подсчитать количество газа вдоль луча, а затем и распределение концентрации по высоте. При этом полностью используется преимущество оптического метода, заключающееся в том, что измеряется поглощение в многокилометровом столбе воздуха. Поэтому можно не опасаться искажающего влияния облака газов, выделившихся из спутника.

Анализ кривой поглощения позволяет определить содержание молекулярного кислорода на высотах 90—110 км. Структура атмосферы на этих высотах непосредственно влияет на характер распространения радиоволн, отражаемых ионосферным слоем F. От плотности и состава атмосферы в указанной области существенно зависит концентрация ионов в более высоких слоях.

Чувствительным элементом фотометра, созданного в Институте имени Г. Герца, служит ионизационная камера с окном из фтористого лития, наполненная окисью азота. Спект-



*Сканирующий рентгеновский спектрогелиограф. В качестве приемников излучения в нем применены гейгеровские счетчики (с прибора снята кожура)*



*Схема действия сканирующего гелиографа с щелевым коллиматором. «Ножевое» поле зрения счетчиков прибора ограничено коллиматором до размеров  $0,3' \times 10''$ . В каждый момент времени регистрируется только излучение, проходящее от узкой плоскости, «вырезаемой» полем зрения на солнечном диске. Стрелкой показано направление сканирования*

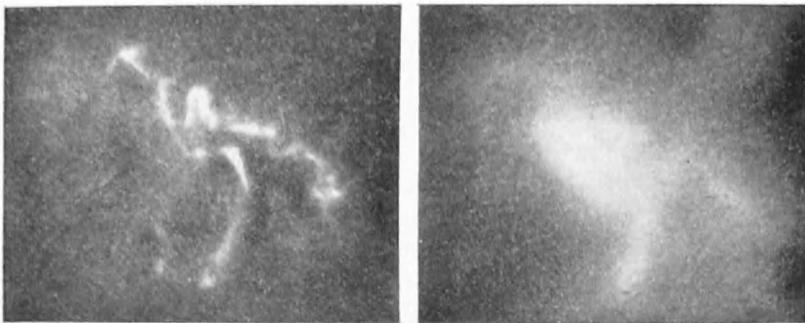
ральный диапазон чувствительности камеры 1050—1350 Å. Его коротковолновая граница определяется порогом прозрачности материала окна, а длинноволновая — порогом фотоионизации наполняющего газа. Уже первые измерения, выполненные таким прибором на «Интеркосмосе-1», показали, что фактическое содержание кислорода на исследованных высотах, по крайней мере, в 3 раза меньше, чем в общепринятой международной модели атмосферы (SIRA-65).

У лаймановского фотометра «Интеркосмоса-4» надежность была существенно повышена. В частности, продублирована наиболее важная часть прибора — ионизационная камера.

Тщательные и систематические измерения, выполненные на «Интеркосмосе-4», надежно подтвердили данные «Интеркосмоса-1» о низком содержании кислорода в верхней атмосфере. Теперь удалось также детально изучить такие тонкие эффекты, как зависимость концентрации кислорода от географической широты и от состояния солнечной активности.

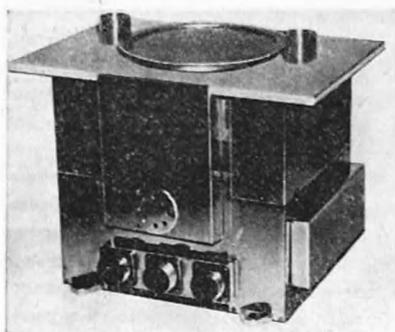
В усовершенствованном рентгеновском спектрогелиографе Физического института Академии наук СССР для получения спектров и разверток изображения солнечной вспышки — «сканов» применены в основном различные дифракционные кристаллы.

Рассмотрим подробнее, как с помощью дифракционного кристалла получается запись рентгеновского спектра вспышки в диапазоне длин волн 1,7 ÷ 1,9 Å. Спектр излучения «спокойного» Солнца круто обрывается примерно при 5 Å, так как температура коронального вещества не превышает  $1,5 \div 5 \cdot 10^6$  К. Всплески более коротковолнового излучения возникают лишь при хромосферных вспышках, когда солнечное вещество внезапно разогревается до энергий, соответствующих температуре  $10^8$  К. Поэтому пытаться сфотографировать Солнце в длине волны около 2 Å стоит лишь во время вспышки. Представим себе, что происходящая на Солнце вспышка имеет очень малые угловые размеры, скажем, менее  $1''$  (т. е. ее геометрические размеры не



Ракетная рентгеновская фотография области вспышки 8 июня 1968 г. (справа). Получена зеркальным объективом «скользящего падения» (комбинация параболоида и гипербоида). Слева фотография той же вспышки, снятой в линии  $H_{\alpha}$ .

превышают 700 км). В этом случае при плавном повороте рентгеногелиографа (по отношению к Солнцу) от кристалла последовательно отражаются рентгеновские лучи с различной длиной волны и возникают четкие максимумы в записи «спектрального» скана, относящиеся к отдельным «монокроматическим» линиям. Анализ показал, что это обычные «оптические» линии, принадлежащие многократно ионизованным атомам железа, а также «характеристические» линии менее «ободранных» ато-

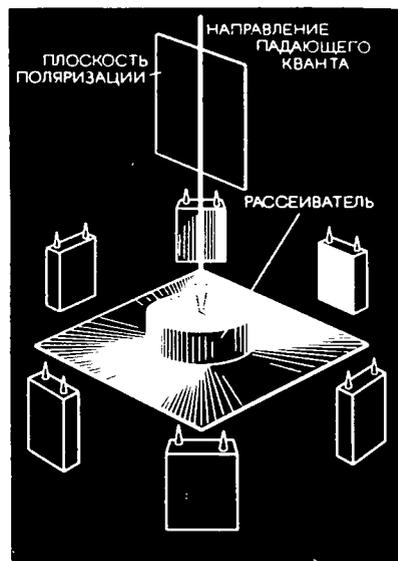


Блок датчиков поляриметра. В верхней части прибора по бокам видны входные диафрагмы патрульных счетчиков, измеряющих общий поток рентгеновского излучения вспышки. Между диафрагмами — центральное окно, под которым расположен рассеиватель, закрытый фильтром. Фильтр выделяет наиболее удобный для поляризационных измерений спектральный диапазон (при длине волны около 1 А)

мов железа, излучаемые после столкновений с быстрыми электронами. Каждый максимум имеет заметную ширину, т. е. излучение в отдельных линиях не монокроматическое. «Размазывание» линий, в первую очередь, обусловлено быстрым движением излучающих атомов (эффект Доплера). Измерив «доплеровскую» ширину линий, можно определить скорость движения атомов.

Если область вспышки имеет значительные угловые размеры, то лучи от различных ее участков попадают на кристалл под неодинаковыми углами. Величина угла, необходимая для появления максимума, достигается неодновременно для различных участков области вспышки. В этом случае благодаря последовательному отображению отдельных участков светящегося объема при сканировании получается геометрическая «развертка» изображения.

Область вспышки обычно имеет малый размер лишь в одном направлении, уподобляясь формой двум или трем, расположенным примерно параллельно, продолговатым волокнам. В зависимости от того, как проходит скан (вдоль или поперек волокна), наблюдаемая картина будет различна. Для выделения отдельных спектральных и геометрических эффектов необходим кропотливый анализ, который намного упростился бы, если бы другим методом удалось выяснить общую структуру области вспышки.



Определение степени поляризации методом измерения интенсивности излучения, рассеянного под различными углами к плоскости поляризации (схематически). Исследуемое излучение попадает на рассеиватель, изготовленный из пластин бериллия. Интенсивность излучения, рассеянного под углом  $90^\circ$  в различных направлениях (по отношению к плоскости поляризации), одновременно измеряется шестью счетчиками

При решении этой частной задачи, а также других проблем исследования солнечной коротковолновой радиации и эффектов ее воздействия на атмосферу Земли вертикальные запуски ракет с научной аппаратурой могут значительно дополнить спутниковые наблюдения. В период работы «Интеркосмоса-4» эти возможности были использованы при запуске ракеты «Вертикаль-1»<sup>\*</sup>.

В рентгеновском поляриметре, разработанном для спутников «Интеркосмос» в Физическом институте Ака-

<sup>\*</sup> Л. А. Ведешин, Н. И. Фаткин, А. М. Петрахин. «Вертикаль-1». «Земля и Вселенная», № 3, 1971 г. (Прим. ред.)

демии наук СССР, степень поляризации определяется при одновременном измерении (несколькими счетчиками) интенсивности излучения, рассеянного под различными углами к плоскости поляризации. Поляризованное излучение рассеивается преимущественно в направлении, перпендикулярном плоскости поляризации. Если заметной поляризации нет, интенсивность рассеяния одинакова по всем направлениям.

Во время мощной вспышки 5 ноября 1970 г., которую посчастливилось «поймать» прибором «Интеркосмос-4», значительная поляризация наблюдалась в течение 10—15 минут. В этот период положение плоскости поляризации по отношению к прибору медленно изменяется из-за вращения спутника вокруг оси, ориентированной на Солнце. В последующий период наблюдения величина поляризации не выходит за пределы возможных ошибок измерения.

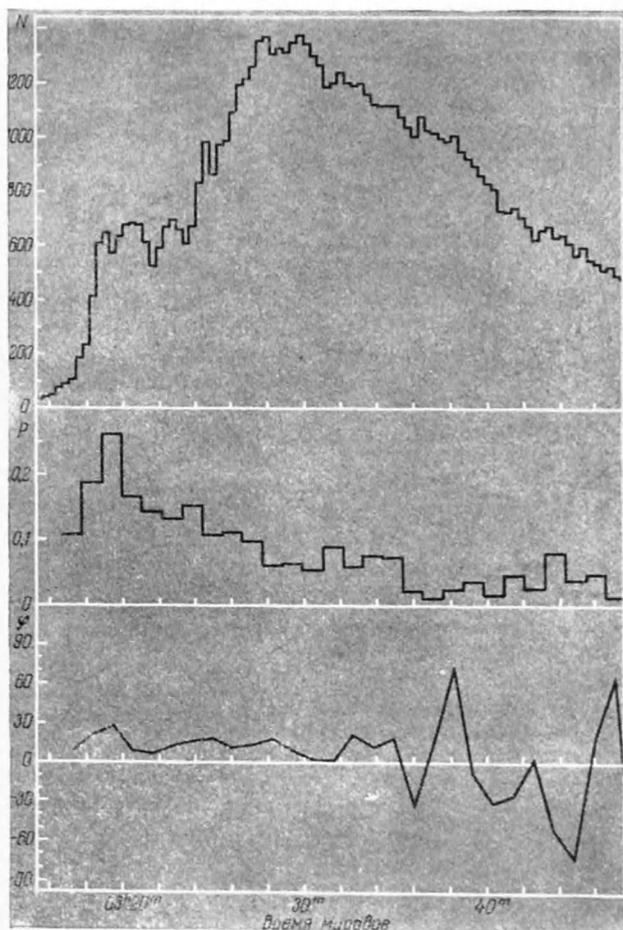
Обнаруженная в начальной «импульсной» фазе вспышки поляризация позволяет сделать вывод о том, что излучение в регистрируемой длине волны около  $1 \text{ \AA}$  возникает при торможении в корональной плазме пучков электронов с энергией, по крайней мере, в десятки килоэлектронвольт. Это служит подтверждением современных теорий вспышки, объясняющих механизм быстрого освобождения энергии, сравнимой со взрывом миллиона водородных бомб. В то же время длительное сохранение заметной поляризации кажется пока неожиданностью для теоретиков, так как, согласно оценкам, «термализация» пучка ускоренных электронов (т. е. усреднения скоростей по направлению и величине), продолжается не более минуты. Возможно, разгадку даст анализ других вспышек, которые зарегистрировал «Интеркосмос-4».

Нормальная работа всей аппаратуры «Интеркосмоса-4» в многомесячном полете и успешное выполнение программы его научных экспериментов подтвердили высокое качество созданных приборов. Предварительный просмотр показал, что научная информация «Интеркосмоса-4» по объему и качеству намного превосхо-

дит данные своего предшественника — «Интеркосмоса-1». Этому в небольшой степени способствовало и Солнце, которое неожиданно «подарило» ученым мощные и разнообразные вспышки. Кстати, эта неожиданность еще раз наглядно показала, как важны спутниковые исследования Солнца

для создания надежных методов прогнозирования вспышек.

В настоящее время в научных учреждениях стран-участниц эксперимента проводится обработка данных измерений. Но как и всегда, главная надежда ученых — новые эксперименты, новые запуски.



Поляризация рентгеновского излучения вспышки класса 3В 5 ноября 1970 г. (по данным «Интеркосмоса-4»). Верхняя кривая — общий поток рентгеновского излучения вспышки,  $N$  — число импульсов, зарегистрированных за время экспозиции (16 секунд),  $P$  — степень поляризации,  $\varphi$  — угол между плоскостью поляризации и оптической осью 1-го счетчика периметра

# Старт к планете — когда?

**Известно, что космический аппарат может стартовать к какой-либо планете солнечной системы лишь в сравнительно короткий срок, когда этому благоприятствует взаимное расположение планет. Каким именно должно быть это расположение!**

При выборе момента старта с Земли и момента встречи с планетой назначения учитывают ряд условий. Так, например, проектируя межпланетный полет, необходимо принимать во внимание величину энергетических затрат на единицу полезной нагрузки, которой соответствует определенное значение суммарной характеристической скорости перелета, представляющей собой сумму приращений скорости, получаемых космическим аппаратом вследствие работы ракетных двигателей на отдельных активных участках полета. Строго говоря, предполагаются идеальные приращения скорости, т. е. такие, какие имел бы космический аппарат, если бы отсутствовали другие внешние силы, кроме тяги двигателя. Например, при старте с Земли таким идеальным приращением является не величина приобретенной за время разгона ракеты-носителя скорости, а несколько большее (примерно на 10—20%) значение, учитывающее потери топлива на преодоление силы притяжения Земли и сопротивление воздуха.

При проектировании полета нельзя пренебрегать соображениями, связанными с продолжительностью перелета. На это время нужно обеспечить безотказную работу аппаратуры (требование надежности), а в пилотируемом полете — запасы воды, кислорода, продовольствия. И конечно, надо учитывать расположение Земли и планеты назначения относительно Солнца в момент встре-

чи космического аппарата с этой планетой.

Перечисленные факторы (а можно было бы назвать еще и другие) имеют совершенно различный вес при выборе траектории перелета. Решающей при заданной полезной нагрузке остается величина суммарной характеристической скорости: чем больше суммарная характеристическая скорость, тем больше начальная (стартовая) масса ракеты-носителя, тем труднее построить ракету и дорожке, вообще говоря, обходится осуществление всего проекта.

Продолжительность межпланетного перелета имеет гораздо меньшее значение. Конечно, малая продолжительность предпочтительна, но нет смысла добиваться сокращения длительности космического эксперимента ценой увеличения суммарной характеристической скорости, по крайней мере до тех пор, пока межпланетные полеты совершаются на химическом ракетном топливе и без человека на борту. В будущем положение может измениться.

Желательно, чтобы в момент достижения планеты ее удаление от Земли было небольшим; тогда не потребуются слишком мощные радиопередатчики на борту межпланетной станции. Если Солнце в этот момент окажется в стороне от линии планета — Земля, то радиосигналы уменьшатся (впрочем, космическая радиосвязь уже сейчас успешно преодолевает это затруднение).

Итак, минимум суммарной харак-

теристической скорости — основной критерий оптимизации полета. Этот показатель предопределяет выбор момента начала космического полета.

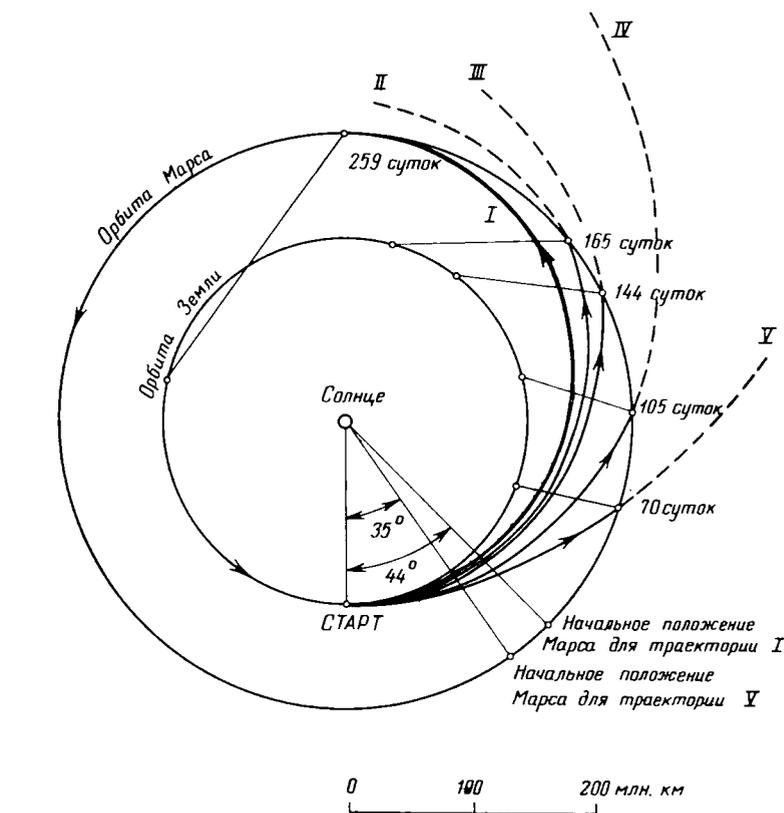
## ПЛАНЕТА НАЗНАЧЕНИЯ — МАРС

Некоторые думают, что для экспедиции на Марс придется ждать великого противостояния Марса. Так ли это?

Допустим, что планетные орбиты круговые и расположены в плоскости эклиптики. Рассмотрим пять траекторий полета к Марсу (четыре эллиптических и одну параболическую), которые касаются орбиты Земли и соответствуют различным начальным скоростям отлета с Земли. Одна из траекторий, представляющая собой половину эллипса и соответствующая угловой дальности  $180^\circ$  (угловой дальностью называется угол, ометаемый за время перелета линией Солнце — космический аппарат), называется гомановской (по имени немецкого ученого Гомана). Она требует наименьшей начальной скорости отлета с Земли по сравнению с другими траекториями, соединяющими любые точки орбит Земли и Марса. Легко понять, почему гомановская траектория оптимальна. Во-первых, при полете по гомановской траектории вектор скорости выхода космического аппарата из сферы действия Земли\* наиболее эффективно складывается с вектором скорости Земли. Во-вторых, траектория перелета лишь касается орбиты Марса, а не пересекает ее, т. е. достаточна только для достижения планеты.

Поставим теперь другую задачу. Пусть требуется, чтобы космический аппарат не только достиг орбиты Марса, но и вышел на орбиту его искусственного спутника. Для этого нужно уменьшить гиперболическую скорость сближения с Марсом до местной эллиптической или круговой. Маневр обеспечивается дополнительным включением бортового ракетного двигателя. Желательно, ко-

\* Скорость, которую следовало бы сообщить космическому аппарату в том случае, если бы Земля не обладала притяжением.



Траектория полета к Марсу, касающаяся орбиты Земли, при начальных скоростях отлета 11,57 (I), 11,8 (II), 12,0 (III), 13,0 (IV), 16,67 (V) км/сек. Траектории I—IV — эллиптические, V — параболическая. Выделенная траектория (I) — гомановская

нечно, чтобы скорость сближения с планетой была как можно меньше, и, следовательно, необходима возможно меньшая гелиоцентрическая скорость («скорость относительно Солнца») подхода космического аппарата к орбите Марса, т. е. гелиоцентрическая скорость входа в сферу действия Марса. Этому требованию удовлетворяет опять-таки гомановская траектория. В ее афелии гелиоцентрическая скорость космического аппарата равна 21,47 км/сек, а сфера действия Марса «набегает сзади» с гелиоцентрической скоростью 24,11 км/сек. Таким образом, планетоцентрическая скорость («скорость относительно планеты») входа

равна:  $24,11 \text{ км/сек} - 21,47 \text{ км/сек} = 2,64 \text{ км/сек}$ . При полете же к Марсу по другим траекториям планетоцентрическая скорость входа в сферу действия Марса окажется больше, так как, во-первых, увеличивается скорость подхода к орбите Марса и, во-вторых, подход осуществляется не по касательной, а под некоторым углом к направлению движения Марса. Из всех траекторий достижения Марса минимум арифметической суммы скоростей отлета с Земли и торможения вблизи планеты можно получить в случае перелета по гомановской траектории. Если бы Марс не обладал атмосферой и для мягкой посадки на его по-

верхность требовалось реактивное торможение, то и в этом случае перелет по гомановской траектории обеспечивал бы минимум энергетических затрат.

Когда же может осуществиться гомановский перелет? Очевидно, старт с Земли должен произойти в тот момент, когда Марсу остается столько же дней для прихода в точку встречи с космическим аппаратом, сколько и самому космическому аппарату — 259 суток. Как показывает расчет, в этот момент линия Солнце — Марс должна быть на  $44^\circ$  впереди линии Солнце — Земля.

Одинаковые расположения Земли и Марса относительно Солнца повторяются через так называемый синодический период, равный 780 суткам (26 месяцев), если считать орбиты планет круговыми, и через такое же время возможен гомановский перелет.

Итак, время старта вовсе не соответствует противостоянию Марса, а траектория перелета весьма далека от «кратчайшего пути к Марсу». Момент старта наступает за 96 суток до противостояния. Полеты по другим траекториям менее продолжительны, в основном, за счет более короткого пути. Старт, приводящий к выводу космического аппарата на параболическую траекторию, может быть дан через 20 суток после гомановского старта. Как видим, диапазон возможных дат начала полета весьма мал по сравнению с синодическим периодом, даже если начальная скорость космического аппарата равна третьей космической — 16,67 км/сек.

Рассмотрим теперь задачу в более точной постановке. Вспомним, что орбиты Земли и Марса не круговые, а эллиптические, причем эксцентриситет орбиты Марса сравнительно велик. Понятие гомановской траектории для таких орбит, строго говоря, отсутствует: невозможно соединить две точки орбит Земли и Марса траекторией с угловой дальностью  $180^\circ$ , которая бы касалась обеих планетных орбит. Можно построить только траектории, более или менее близкие к гомановской. Выгоднее всего, очевидно, целиться в пе-

ригелий Марса — самую близкую точку его орбиты. Стартовать лучше с перигелия Земли, где скорость нашей планеты на 1 км/сек больше, чем в афелии. Но, увы, эти благие намерения неосуществимы для одной и той же траектории: траектория, близкая к гомановской, не может начинаться в перигелии Земли и кончаться в перигелии Марса.

Впрочем, последние соображения сразу отступают, как только мы вспомним, что орбиты Земли и Марса не лежат в одной плоскости — наклонение орбиты Марса равно  $1^\circ 85'$ . Очевидно (за исключением двух моментов старта, о которых будет сказано ниже), полет в плоскости орбиты Земли вообще не может привести к цели, так как космический аппарат пролетит «над» или «под» орбитой Марса на расстоянии до 7,6 млн. км. Если же целиться в ту точку орбиты Марса, проекция которой на эклиптику диаметрально противоположна точке старта, то перелет Земля — Марс практически неосуществим. Он должен был бы происходить в плоскости, перпендикулярной эклиптике, так как плоскость траектории обязана проходить через Солнце. Как показывает расчет, необходимая скорость отлета с Земли равна 45 км/сек, что совершенно нереально при использовании химических топлив.

Вообще, на практике осуществимы лишь траектории, слабо наклоненные к плоскости эклиптики, с угловой дальностью, меньшей  $180^\circ$ . Единственное исключение составляют две траектории, начинающиеся и кончающиеся на линии узлов (линии пересечения орбит Земли и Марса). Эти траектории, имея угловую дальность  $180^\circ$ , строго говоря, не гомановские, так как не касаются орбит, но углы пересечения траекторий с орбитами Земли и Марса очень малы. Поэтому лучше всего производить старт в тот момент, когда Земля проходит линию узлов. Однако было бы поистине чудесным совпадением, если бы Марс в это время находился как раз на  $44^\circ$  впереди Земли и за 259 суток подошел бы к точке встречи, также лежащей на линии узлов.

В конечном счете определяющий фактор для оптимальности траектории — начальная конфигурация планет. Соответствующий начальный угол хотя и не равен  $44^\circ$ , но сравнительно близок к этому значению. В каждом благоприятном периоде существует оптимальная траектория, требующая минимальной скорости отлета с Земли, но допустимы и другие, неоптимальные траектории, которым соответствуют даты старта, отклоняющиеся от оптимальной даты примерно на месяц в обе стороны.

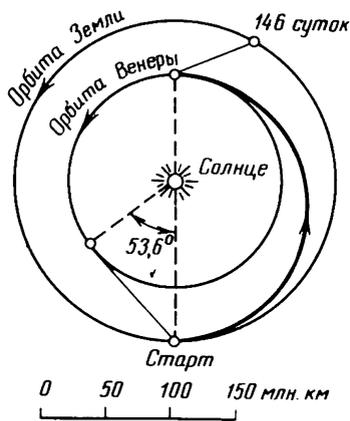
Оптимальные траектории в двух разных благоприятных периодах разделены промежутком времени в 25—26 месяцев.

Укажем благоприятные периоды для полета к Марсу в течение двадцати прошедших и будущих лет: сентябрь — октябрь 1960 г., октябрь — ноябрь 1962 г., ноябрь — декабрь 1964 г., декабрь 1966 г. — январь 1967 г., февраль — март 1969 г., май — июнь 1971 г., июль — август 1973 г., август — сентябрь 1975 г., сентябрь — октябрь 1977 г., октябрь — ноябрь 1979 г. Угловые дальности при полетах всегда меньше  $180^\circ$ , а продолжительности перелетов могут сильно отличаться от гомановского перелета. Если стартовать в другое время, полезная нагрузка уменьшится настолько, что научные цели эксперимента выполнить не удастся.

Различия между благоприятными фазами могут быть более существенны, чем различия между некоторыми траекториями, начинающимися в один и тот же удобный период. Наибольшее значение имеет здесь близость Земли в момент старта к линии узлов. В настоящую эпоху (обстоятельства медленно меняются в связи с эволюцией планетных орбит) Земля проходит линию узлов в начале ноября и начале мая. Поэтому «окна стартов» в 1964, 1971, 1979 гг. особенно благоприятны. Если цель полета — запуск искусственного спутника Марса, то близость точки старта к линии узлов оказывается особенно важной. И вообще, требование оптимальности траектории при таком эксперименте является более жестким.

## ПОЛЕТЫ К ДРУГИМ ПЛАНЕТАМ

Синодический период обращения Юпитера равен 399 суткам. Значит, сезон, благоприятный для полета к Юпитеру, наступает каждый год с опозданием на месяц. Наиболее приемлемы из таких периодов те, которые приходятся на начало января и начало июня, когда Земля располагается около линии узлов орбиты Юпитера. Январские периоды (например, период 1970 г.) особенно удачны, так как Земля в это время находится вблизи своего перигелия, где ее скорость, как уже говорилось, на 1 км/сек больше, чем в афелии,



Гомановская траектория полета к Венере

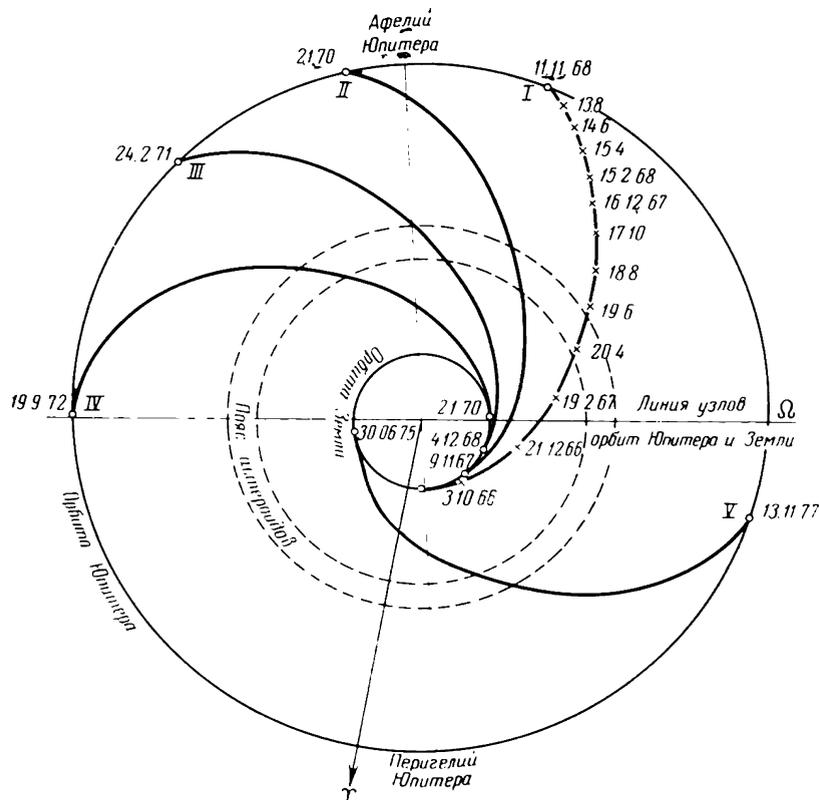
проходимом в июне (этот эффект сказывается сильнее, чем при полетах к Марсу, из-за большей дальности перелета). Старты в январские сезоны обеспечивают угол перехода, близкий к  $180^\circ$ , наименьшее наклонение плоскости перелета к плоскости эклиптики и, конечно, наименьшую начальную скорость.

Синодический период Сатурна немного превышает год. Сезон, благоприятный для полета к Сатурну, наступает ежегодно с опозданием на 13 суток. Что касается Урана, Нептуна и Плутона, то опоздание наступает, соответственно, на 5, 2 и 1 сутки.

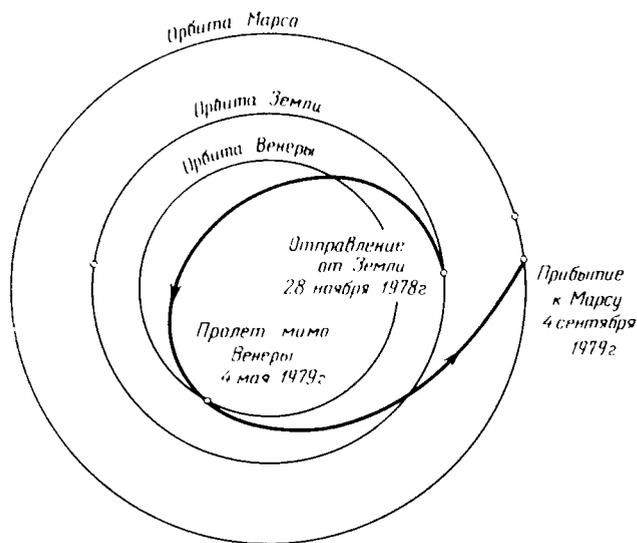
Полеты к Венере и Меркурию отличаются тем, что орбиты этих планет находятся внутри орбиты Земли. При старте полета назначения должна находиться на определенном угловом расстоянии позади Земли, а не впереди ее. При гомановской траектории полета к Венере Земля в начальной конфигурации опережает Венеру на  $54^\circ$ . Синодический период Венеры равен 584 суткам (19 месяцев). Благоприятные сезоны на ближайшие годы: март—апрель 1972 г., октябрь—ноябрь 1973 г., май—июнь 1975 г., январь 1977 г., август 1978 г., март—апрель 1980 г. Каждый сезон длится примерно две недели, т. е. короче «окон старта» к Марсу, так как Венера быстрее обгоняет Землю в своем угловом движении вокруг Солнца, чем Земля обгоняет Марс. Наиболее удобны (из-за близости к линии узлов) июньские и декабрьские сезоны (последние наступят в будущем десятилетии).

Синодический период Меркурия равен 116 суткам (менее четырех месяцев). Продолжительность благоприятной фазы, появляющейся 3 раза в год,— до недели. Наиболее приемлемы сезоны в начале ноября и начале мая (по прежней причине). В течение года один из благоприятных периодов именно таков.

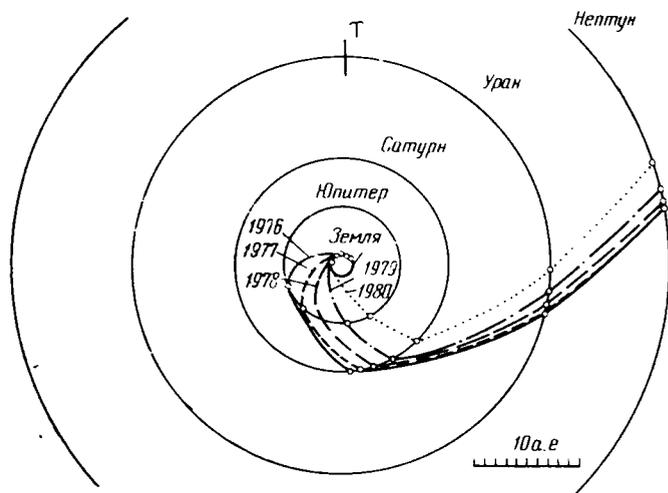
Особо следует сказать о периодах, выгодных для запуска космических аппаратов к нескольким планетам. Можно, например, совершить полет к Марсу и во время неблагоприятного периода при сравнительно скром-



Оптимальные траектории полета к Юпитеру в различные периоды. Наиболее выгодна траектория II (старт 9 ноября 1967 г.): Земля удалена от линии узлов, сближение с Юпитером — вблизи его афелия. Наиболее выгодна траектория IV (старт 2 января 1970 г.): Земля — почти на линии узлов и в перигелии (Р. К. Казакова, В. Г. Киселев, А. К. Платонов, «Космические исследования», т. 6, вып. 1, 1968 г.)



Траектория полета к Марсу во время неблагоприятного периода. При полете вблизи Венеры космический аппарат переводится ее гравитационным полем на траекторию достижения Марса



Пять возможных траекторий полета: Земля — Юпитер — Сатурн — Уран — Нептун в 1976—1980 гг.

ных энергетических затратах. Для этого нужно направить космический аппарат так, чтобы он, предварительно пролетев вблизи Венеры, был переведен воздействием ее гравитации на траекторию достижения Марса. Почти та же начальная конфигурация повторяется примерно через 6,4 года, если считать орбиты планет круговыми, лежащими в одной плоскости. Точное повторение одинаковых конфигураций Земли, Венеры и Марса относительно Солнца наступает через 100 лет. Это, однако, не значит, что полет к Марсу с попутным облетом Венеры нельзя осуществить по другим траекториям. Через 100 лет повторяется лишь та же самая траектория.

Особенно редко представляется возможность попутного облета сразу нескольких планет. В 1976—1980 гг. ежегодно в течение примерно трехнедельного «окна запуска» может стартовать космический аппарат, который облетит последовательно Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, причем скорость старта с Земли равна 14,9 км/сек (на 0,7 км/сек больше минимальной скорости достижения Юпитера и на 0,3 км/сек меньше минимальной скорости достижения Сатурна без промежуточного облета). При этом удается достичь четырех планет юпитерианской группы за время, меньшее чем продолжительность полета по гомановской траектории до Нептуна без промежуточных пролетов (30 лет) и, при определенных условиях, даже меньше чем продолжительность полета к Нептуну с третьей космической скоростью (12 лет). В самом деле, пролет мимо Юпитера, Сатурна и Урана позволяет (если удастся пролететь между границей атмосферы Сатурна и его кольцом) достичь Нептуна через 8 лет после отлета с Земли. Следующий период, позволяющий совершить облет всех больших планет, наступит лишь в 2154 г. Впрочем, к тому времени их быстрое достижение перестанет быть проблемой.



## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕТА «АПОЛЛОНА-14»

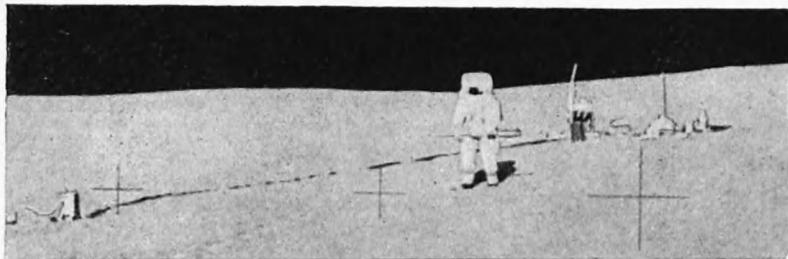
Программа исследований Луны для экспедиции на корабле «Аполлон-14» \* предусматривала установку на Луне научных приборов, сбор образцов лунных пород, съемку на Луне и с селеноцентрической орбиты.

Впервые космонавты высадились в материковом районе (в 50 км к северу от кратера Фра Мауро и в 1 км от молодого кратера с условным названием Коун). Здесь предполагали обнаружить древние глубинные породы, выброшенные во время образования Моря Дождей. Конечно, эти породы впоследствии были погребены более поздними наслоениями, но селенологи надеялись, что «посланцы из лунных глубин» могли вновь оказаться на поверхности.

Космонавты корабля «Аполлон-14» доставили на Землю 43 кг образцов лунных пород, в том числе несколько довольно больших камней. Среди образцов — сколок белого камня, лежащего недалеко от края кратера. Космонавты не смогли подняться до самой вершины кратера. Они немного заблудились, так как с трудом ориентировались на сильнопересеченном лунном ландшафте. К тому же им просто не хватало времени: расчетный график движения оказался слишком оптимистичным. Однако, по заявлению научных руководителей программы «Аполлон», все геологические задачи полета считаются выполненными, хотя и не удалось отобрать образцы непосредственно в заданном пункте.

Сколок белого камня содержит анортозит, который, как полагают, составлял древнюю лунную кору. Поэтому, ставший теперь знаменитым белый камень, возможно, как раз и есть искомым выброс из Моря Дождей. В привезенном геологическом материале уже в первые дни работы аналитики обнаружили 23 минерала, которые не диагностировались ранее. Содержание калия, тория и урана в некоторых случаях на порядок превышает содержание этих элементов в образцах, отобранных из морских районов Луны космонавтами «Аполлона-11 и -12». Есть и другие существенные отличия: многие камни из материкового района близ кратера Фра Мауро крошатся («как кусок засохшей грязи»), встречаются образцы с несглаженными углами и следами геологически «свежих» разломов, а материал из морских райо-

\* Полет «Аполлона-14», «Земля и Вселенная», № 3, 1970 г.



Космонавт Э. Митчелл готовится произвести зондирование верхних слоев Луны

нов отличается сглаженностью (результат эрозионных процессов). И самое главное: космонавты «Аполлона-14» в районе кратера Фра Мауро только один раз обнаружили кристаллический базальт (все остальное — брекчии). Из Моря Спокойствия доставили кристаллических базальтов и брекчии примерно поровну, среди образцов из Океана Бурь базальтов было даже больше, чем брекчии. Не исключено, что брекчии, собранные в районе кратера Фра Мауро, — действительно, выбросы из бассейна Моря Дождей. Они богаты полевым шпатом — плагиоклазом, плагиоклазами-оливиновыми и чистыми оливинами.

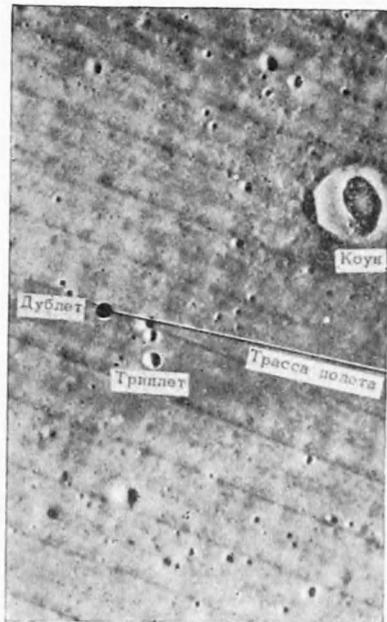
Как и раньше, никаких микроорганизмов в образцах не обнаружено. Таким образом, и материковые, и морские районы можно считать безжизненными. В дальнейшем решено не подвергать карантину космонавтов, возвратившихся с Луны.

Космонавты «Аполлона-14» установили на поверхности Луны детектор понов, ионизационный манометр, детектор заряженных частиц и сейсмометр. Все эти приборы работают, получая питание от радиоизотопной энергетической установки.

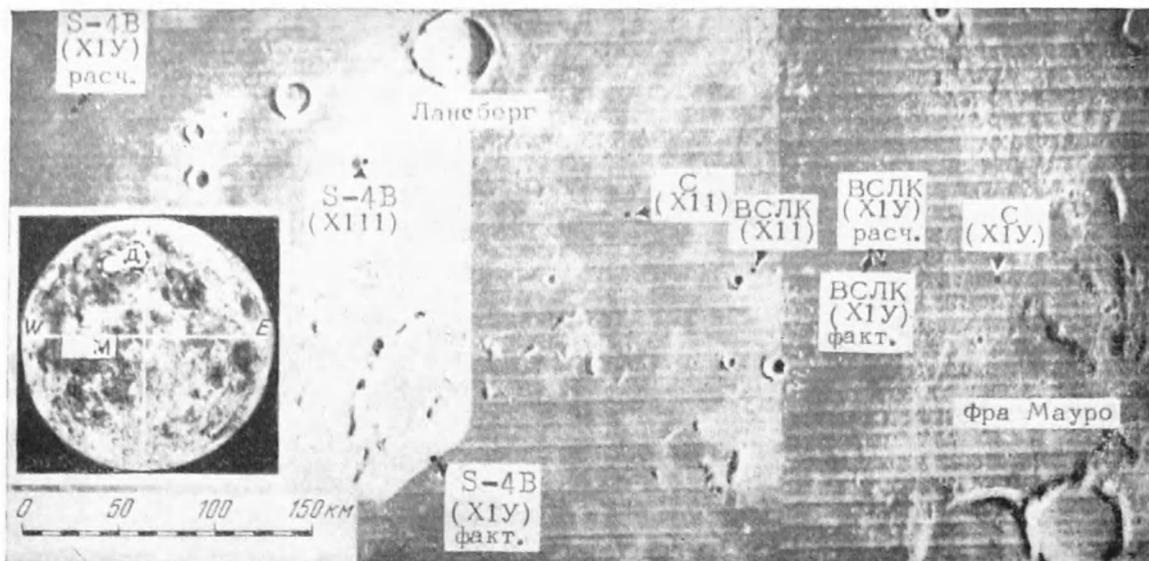
Аппаратура зарегистрировала падение на Луну использованной взлетной ступени лунной кабины: детектор понов зафиксировал поток понов через 50 секунд после падения. Ионизационный манометр отметил резкое повышение (в 50 раз) давления окружающей газовой среды, а детектор заряженных частиц — внезапное увеличение (в 10—50 раз) энергии этих частиц. Сейсмометр принимал сейсмические колебания в течение... полутора часов.

Не первый раз Луна удивляет исследователей столь долгим «звучани-

ем» при падении на нее объектов искусственного происхождения. Это объясняют структурой верхних слоев, которые до глубины 35—40 км состоят как бы из беспорядочного нагромождения глыб. А есть ли под ними сплошная скальная порода или, как полагают некоторые ученые, вся Луна представляет конгломерат небольших осколков, объединенных гравитационным полем? Пока наш естественный спутник удалось «прозондировать» на глубину



Район посадки корабля «Аполлон-14»



Эксперименты по регистрации сейсмических колебаний, вызванных падением объектов искусственного происхождения на Луну (S-4B — место падения последней ступени ракет-носителей; ВСЛК — место падения взлетной ступени лунных кабин; С — место установки сейсмометров, регистрирующих падение; римские цифры в скобках указывают порядковый номер корабля «Аполлон», при полете которого был установлен сейсмометр или зарегистрировано падение объекта на Луну. На врезке прямоугольником обозначена область, представленная на фотокарте (Д — Море Дождей; М — кратер Фра Мауро)

установили на Луне блок из четырех пусковых устройств с гранатами. Предполагалось, что через 3—6 месяцев после отлета космонавтов гранаты будут взорваны по команде с Земли и геофоны зарегистрируют сейсмические колебания. Зондирование достигло бы глубины 450 м. К сожалению, от этого интересного эксперимента, видимо, придется отказаться. Космонавты неудачно установили пусковые устройства, и гранаты могут повредить другие приборы. Возможно, эксперимент удастся осуществить, когда ресурсы радиоизотопной энергетической установки иссякнут и приборы окажутся безжизненными.

Космонавты корабля «Аполлон-14» проводили измерения магнитного поля портативным магнитометром. Прибор отметил существенные локальные изменения напряженности, что может быть вызвано, например, массивным ферромагнитным телом, находящимся под поверхностью.

Впереди — подробный анализ исследований, проведенных американскими лунными экспедициями на «Аполлоне-11 и -12» в морских районах (Море Спокойствия, Океан Бурь) и советскими автоматическими станциями «Луна-16 и -17» в морских районах (Море Изобилия, Море Дождей). Советские и американские ученые проявляют взаимный интерес к работам другой стороны. Об этом свидетельствует, в частности, обмен в июне 1971 г. образцами лунных пород, доставленных на Землю американскими космонавтами и советской станцией «Луна-16».



Космонавты А. Шепард (справа) и Э. Митчелл у доставленного с Луны камня весом 9 кг

примерно 30 км, и сплошной скальной породы не обнаружено. Чтобы «заглянуть» глубже, предполагалось получить сейсмограмму после падения на Луну последней ступени ракеты-носителя корабля «Аполлон-14». Ракета S-4B должна была упасть на расстоянии 350 км от сейсмометра, установленного космонавтами корабля «Аполлон-12» в Океане Бурь. Однако из-за технических неполадок она оказалась значительно ближе — на расстоянии всего 200 км, и глубина зондирования не превысила уже «известных» 30 км. Так что вопрос о сплошной скальной породе остался открытым.

Для сейсмического зондирования верхних слоев Луны космонавты использовали активные сейсмометры (геофоны). Три таких прибора были установлены на концах и в середине протянутого по поверхности Луны 90-метрового кабеля. Космонавт Митчелл прошел вдоль кабеля со специальным ударником и произвел 13 подрывов пиротехнических зарядов. Скорость распространения сейсмических волн до глубины 15 м оказалась неожиданно очень низкой. С геофонами был запланирован еще один эксперимент. Космонавты

Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ

Автор публикуемой статьи — известный бельгийский астроном, специалист в области астрометрии Жан Мейюс. В 1966 г. совместно с К. Грожаном и В. Вандерленом он выпустил замечательный «Канон солнечных затмений». В этом «Каноне», составленном с помощью вычислительных машин и превосходящем по точности известный «Канон» Т. Опольцера примерно в сто раз, приведены бесселевы элементы, таблицы и карты всех 1450 затмений за шесть столетий — с 1898 по 2510 г. Статья написана специально для «Земли и Вселенной».

Ж. МЕЙЮС

## Любопытное о солнечных затмениях

Я расскажу о некоторых интересных особенностях солнечных затмений, малоизвестных большинству любителей астрономии.

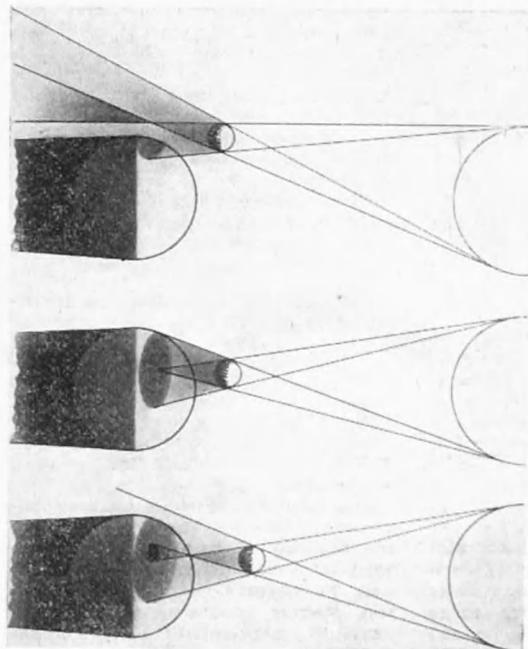
### КОЛЬЦЕОБРАЗНО-ПОЛНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Почти все затмения Солнца с точки зрения условий их видимости на

земном шаре можно отнести к одному из следующих типов:

**частное затмение** — лишь часть конуса лунной полутени касается Земли;

**полное затмение** — конус лунной тени задевает Землю. (Разумеется, вне полосы полной фазы, т. е. для большинства очевидцев, затмение будет частным; это замечание справед-



*Схема затмений Солнца: частного (вверху), полного (в центре) и кольцеобразного*

Перевод с французского В. А. Бронштэна.

ливо и в случае кольцеобразных затмений.);

кольцеобразное затмение — продолжение («вторая полость») конуса тени встречает Землю.

Полные и кольцеобразные затмения принадлежат к классу центральных затмений: ось конуса лунной тени пересекает Землю\*. Существует гораздо более редкий тип затмений — кольцеобразно-полное, когда вдоль центральной линии наблюдается вначале кольцеобразное, затем полное и снова кольцеобразное затмение. В течение 1900—2500 гг. можно насчитать лишь 29 кольцеобразно-полных затмений. Их повторяемость носит весьма нерегулярный характер. Так, между 2386 и 2500 гг. (более чем за сто лет) не будет ни одного кольцеобразно-полного затмения. Напротив, в XX в. их будет шесть, а в XXI в. — семь!

Два последовательных солнечных затмения, разделенных интервалом в шесть месяцев, могут быть кольцеобразно-полными оба. За период с 1900 по 2500 г. это произойдет семь раз, а в XX в. было: 23 декабря 1908 г. и 17 июня 1909 г. и будет 3 октября 1986 г. и 29 марта 1987 г.

Замечательно, что по крайней мере в течение 1900—2500 гг. полновина кольцеобразно-полных затмений группируется в пары.

#### ЗАТМЕНИЯ СОЛНЦА С НАИМЕНЬШЕЙ ФАЗОЙ

Затмение 5 января 1935 г. имело максимальную величину фазы на поверхности Земли всего лишь 0,001. Такое «затмение» представляет только теоретический интерес. В дальнейшем два солнечных затмения с фазой меньше 0,010 будут 24 октября 2098 г. (фаза 0,005) и 6 сентября 2203 г. (фаза 0,006).

#### ГОДЫ, БОГАТЫЕ СОЛНЕЧНЫМИ ЗАТМЕНИЯМИ

Число затмений Солнца в календарном году может быть равно, самое меньшее, двум, самое большее, — пяти. В 1946 и 1964 гг. было по четыре затмения (все частные). Столько же будет в 1982, 2000, 2011 гг. и т. д.

Пять затмений в году случается очень редко. Это произошло в 1805 г., в 1935 г. и будет в 2206 г., а затем придется подождать до... 2709 г.!

\* Возможен еще один редкостный тип нецентральных полных или кольцеобразных затмений, наблюдаемых вблизи полюсов. Ось конуса тогда проходит вне Земли. (Прим. перев.)

Вот эти четыре случая (за тысячелетие):

1805 год

- 1.I — частное
- 30.I — частное
- 26.VI — частное
- 26.VII — частное
- 21.XII — кольцеобразное

1935 год

- 5.I — частное
- 3.II — частное
- 30.VI — частное
- 30.VII — частное
- 25.XII — кольцеобразное

2206 год

- 10.I — кольцеобразное
- 7.VI — частное
- 7.VII — частное
- 1.XII — частное
- 30.XII — частное

2709 год

- 3.I — кольцеобразное
- 31.V — частное
- 29.VI — частное
- 23.XI — частное
- 23.XII — частное

Отметим, что в эти годы произойдет четыре частных затмения, которым предшествует или за которыми следует одно кольцеобразное.

#### САРОС

Известно, что по прошествии периода, равного 223 лунациям, или приблизительно 18 годам 11 суткам, — сароса — затмения повторяются в весьма сходных условиях. Например, за полным затмением спустя сарос обычно следует тоже полное затмение. Однако тип затмения в новом саросе может изменяться. Во-первых, по мере наступления последовательных затмений серии ось лунной тени проходит все дальше и дальше от центра Земли. Наконец, затмения перестают быть центральными:

- 1.VIII 1943 г. — кольцеобразное
- 11.VIII 1961 г. — кольцеобразное
- 22.VIII 1979 г. — кольцеобразное
- 2.IX 1997 г. — кольцеобразное
- 13.IX 2015 г. — частное

Возможно и обратное, т. е. превращение нецентральных затмений в центральные.

Во-вторых, в течение сароса расстояние Земля — Луна становится все больше. Полные затмения переходят в кольцеобразные. Возможен, разумеется, и обратный переход. Между полными и кольцеобразными затмениями могут прои-

зойти одно или несколько кольцеобразно-полных:

- 12.IV 2173 г. — кольцеобразное
- 23.IV 2191 г. — кольцеобразное
- 5.V 2209 г. — кольцеобразно-полное
- 16.V 2227 г. — полное
- 26.V 2245 г. — полное

Серия саросов не может продолжаться бесконечно. В известный момент она прерывается, поскольку ось конуса лунной тени проходит слишком далеко от центра Земли, чтобы вызвать затмение. Например, непродолжительное частное затмение 22 июля 1971 г., которое было видимо на крайнем северо-востоке Советского Союза (Магаданская область), оказалось последним в серии саросов, начавшейся 23 июня 727 г. частным затмением малой фазы в южном полушарии.

#### САМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

В XX в. наибольшую продолжительность имело полное солнечное затмение 20 июня 1955 г. Вот затмения этого века, принадлежащие к той же серии саросов (мы приводим наибольшую длительность полной фазы и соответствующее ей место на Земле):

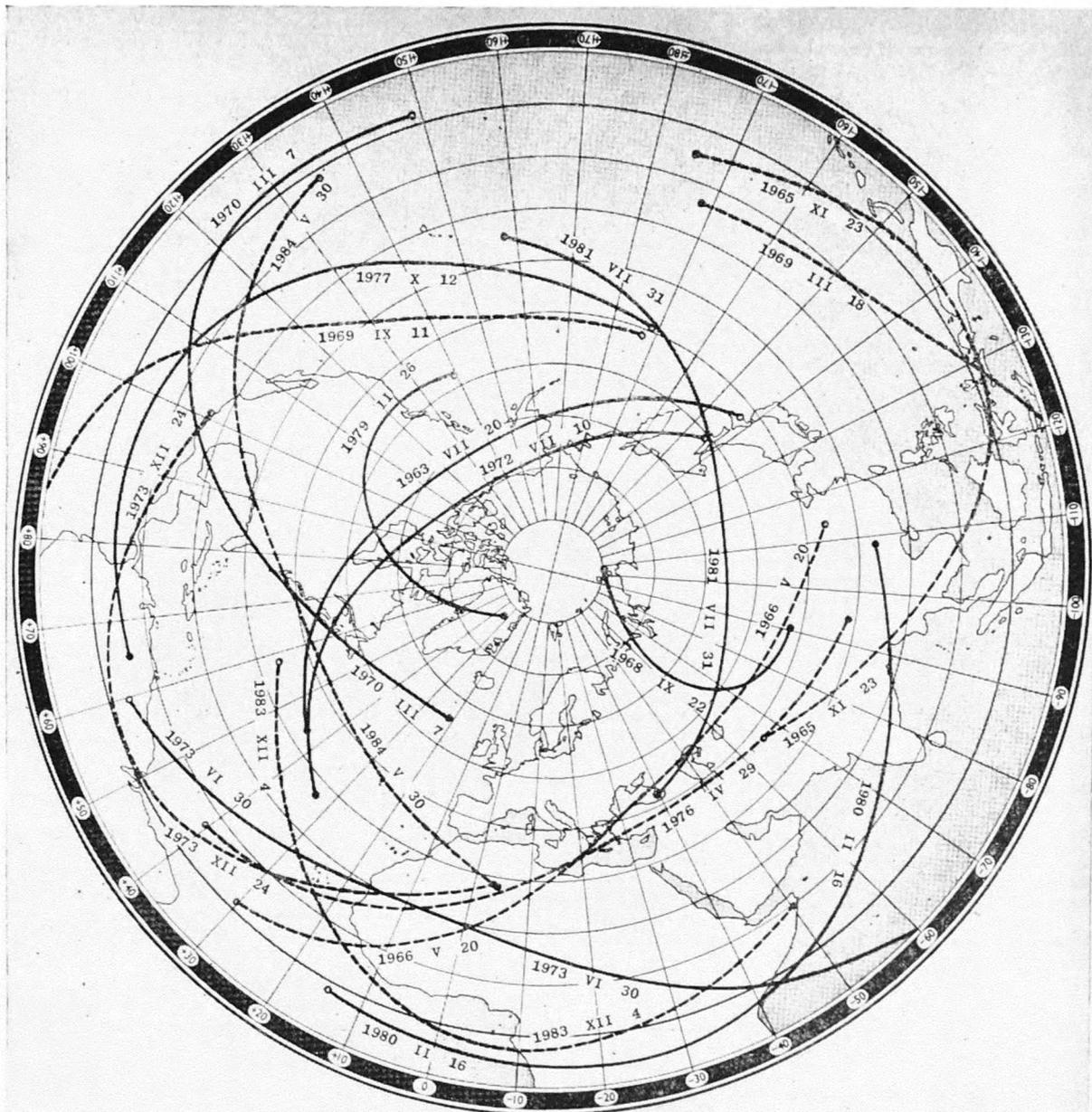
- 18.V 1901 г. 6м 29с Суมาตรา
- 29.V 1919 г. 6 50 Атлантический океан
- 8.VI 1937 г. 7 04 Тихий океан
- 20.VI 1955 г. 7 08 Филиппины
- 30.VI 1973 г. 7 04 Сахара
- 11.VII 1991 г. 6 54 Мексика

Придется подождать до 16 июля 2186 г., чтобы наблюдать самое длительное солнечное затмение (7 минут 29 секунд) за весь период 1900—2500 гг. Заметим, что наибольшая теоретически возможная продолжительность полного затмения 7 минут 31 секунда.

Наибольшая длительность кольцеобразного затмения за тот же период (12 минут 09 секунд) имела место 14 декабря 1955 г. Согласно французскому астроному А. Данжону, наибольшая возможная длительность кольцеобразного затмения для наблюдателя на поверхности Земли составляет 12 минут 30 секунд.

#### ДВА ЗАТМЕНИЯ ЧЕРЕЗ МЕСЯЦ

Два последовательных новолуния могут сопровождаться затмениями Солнца. Они почти всегда частные, например затмения 22 июля и 20 августа 1971 г. Исключительно редко может случиться, что одно из них будет центральным. За период с 1900 по 2500 г. это произойдет лишь од-



————— полные  
 - - - - - кольцеобразные  
 - · - · - · кольцеобразно-полные

} солнечные  
 } затмения

○ начало  
 ● конец

Карта видимости солнечных затмений с 1963 по 1984 г.

нажды — 7 июля 2195 г. (частное затмение) и 5 августа 2195 г. (полное затмение).

### ИНЕКС И ДРУГИЕ ЦИКЛЫ ЗАТМЕНИЙ

Голландский астроном Г. ван ден Берг изучил другой цикл затмений, названный им инексом. Серии инексов существуют гораздо дольше, чем серии саросов. Речь идет о периоде в 358 лунаций, или 29 лет без 20 дней. Этот период равен 388,5 драконическим месяцам\*. Дробь 0,5 означает, что затмение той же серии инексов переходит от одного узла к другому. Затмение Солнца, видимое в северном полушарии, сменяется обычно по прошествии инекса затмением в южном полушарии. Еще через инекс будет снова наблюдаться затмение в северном полушарии, и так далее на протяжении многих веков (таблица 1).

Невозможно описать здесь все свойства инекса. По сравнению с саросом этот период имеет ряд неудобств, но зато и многочисленные преимущества. Профессор ван ден Берг показал, что интервал времени между двумя любыми затмениями (солнечными или лунными) может быть представлен формулой:

$$t = m \cdot s + n \cdot i,$$

где  $s$  — длительность сароса (223 лунаций),  $i$  — длительность инекса (358 лунаций),  $m$  и  $n$  — целые числа (положительные, отрицательные или равные нулю).

Еще несколько периодов с большим или меньшим приближением определяют повторяемость затмений. Названия этих периодов в основном принадлежат ван ден Бергу. Познакомимся с некоторыми из них.

Семестр ( $t = 5i - 8s$ ) длится 6 лунаций (чуть меньше полугодия). В серии семестров, как и в серии инексов, каждое затмение по сравнению с предыдущим происходит в другом узле лунной орбиты. Серия начинается затмением (чаще всего частным), видимым вблизи одного из полюсов. Следующее затмение будет видно в другом полушарии, обычно ближе к экватору и т. д. Затмения, расположенные в середине серии, наблюдаются в экваториальных районах (таблица 2).

Серия семестров содержит обычно 7 или 8 затмений. Серия гептонов ( $t = 5s - 3i$ ) более долгая. Этот период охватывает 41 лунацию, или

\* Драконический месяц — период обращения Луны относительно узлов ее орбиты (точек пересечения ее с плоскостью орбиты Земли). Он равен 27,2122 суток. (Прим. перев.)

ТАБЛИЦА 1

Дата	Затмение	Область	Узел
6.V 1845 г.	кольцеобразное	Северный Ледовитый океан	нисходящий
16.IV 1874 г.	полное	Антарктика	восходящий
29.III 1903 г.	кольцеобразное	Сибирь	нисходящий
7.III 1932 г.	кольцеобразное	Антарктика	восходящий
15.II 1961 г.	полное	юг Европы, СССР	нисходящий
26.I 1990 г.	кольцеобразное	Антарктика	восходящий

ТАБЛИЦА 2

Дата	Затмение	Область	$\gamma$
28.III 1968 г.	частное	южная	-1,04
22.IX 1968 г.	полное	северная	+0,94
18.III 1969 г.	кольцеобразное	экваториальная	-0,27
11.IX 1969 г.	кольцеобразное	экваториальная	+0,22
7.III 1970 г.	полное	северная	+0,45
31.VIII 1970 г.	кольцеобразное	южная	-0,54
25.II 1971 г.	частное	северная	+1,12
20.VIII 1971 г.	частное	южная	-1,27

Число  $\gamma$  в последнем столбце этой и следующих таблиц означает кратчайшее расстояние оси тени Луны от центра Земли в единицах экваториального диаметра земного шара. Это число положительно или отрицательно в зависимости от того, проходит ли ось тени к северу или к югу от центра Земли.

3,32 года. В серии гептонов затмения тоже чередуются, перескакивая из одного полушария в другое. Затмения в середине серии наблюдаются в экваториальных районах, где обе группы (одна, идущая с севера, а

другая — с юга) пересекаются (таблица 3).

В серии гептонов шесть последовательных затмений — кольцеобразные. Гептон гораздо лучше, чем семестр, сохраняет «характер» затмения (пол-

ТАБЛИЦА 3

Дата	Затмение	Область	$\gamma$
30.VIII 1924 г.	частное	северная	+1,31
24.XII 1927 г.	частное	южная	-1,24
18.IV 1931 г.	частное	северная	+1,26
10.VIII 1934 г.	кольцеобразное	южная	-0,69
2.XII 1937 г.	кольцеобразное	экваториальная	+0,44
27.III 1941 г.	кольцеобразное	экваториальная	-0,50
			← пересечение
20.VII 1944 г.	кольцеобразное	экваториальная	-0,03
12.XI 1947 г.	кольцеобразное	экваториальная	+0,37
7.III 1951 г.	кольцеобразное	экваториальная	-0,24
30.VI 1954 г.	полное	северная	+0,61
23.X 1957 г.	полное	южная	-1,00
15.II 1961 г.	полное	северная	+0,88
10.VI 1964 г.	частное	южная	-1,14

ное или кольцеобразное), так как содержит почти целое число аномалистических месяцев\*. В одном гептоне их 43,94 (почти 44), тогда как в одном семестре — 6,43.

Перейдем к тритосу ( $t = i - s$ ). Этот период в 11 лет без одного месяца образует еще более долгие серии, чем гептон, поскольку смещение Луны относительно узла ее орбиты в течение тритоса гораздо меньше ( $+0^{\circ},52$  против  $-2^{\circ},51$  за гептон). В то время как серия гептонов насчитывает обычно 13 или 14 затмений и «живет» 40 или 43 года, серия тритосов насчитывает 60 затмений и длится семь веков. В этой серии затмения также чередуются по узлам и полушариям (таблица 4).

Можно заметить разрывы в начале серии тритосов: затмения 1851, 1873 и 1884 гг. «пропали». Но дальше затмения не «исчезают», и серия продолжается без перерывов.

Цикл Метона ( $t = 10i - 15s$ ) хорошо известен. Через 19 лет те же фазы Луны приходятся на те же даты года с точностью до 1 дня. Затмения часто повторяются через 19 лет, но «серия» насчитывает лишь 4 или 5 затмений (таблица 5).

Таковы некоторые особенности повторяемости, длительности и чередования районов видимости солнечных затмений. В них, как в зеркале, отра-

\* Аномалистический месяц — время обращения Луны относительно перигея ее орбиты, равен 27,5546 суток. (Прим. перев.)

Дата	Затмение	Область	$\gamma$
25.III 1819 г.	частное	южная	-1,47
23.II 1830 г.	частное	северная	+1,37
22.I 1841 г.	частное	южная	-1,55
22.XII 1851 г.	затмения нет	(северная)	+1,59
21.XI 1862 г.	частное	южная	-1,51
21.X 1873 г.	затмения нет	(северная)	+1,67
19.IX 1884 г.	затмения нет	(южная)	-1,65
20.VIII 1895 г.	частное	северная	+1,39
21.VII 1906 г.	частное	южная	-1,36
19.VI 1917 г.	частное	северная	+1,29
19.V 1928 г.	полное	южная	-1,01
19.IV 1939 г.	кольцеобразное	северная	+0,94
18.III 1950 г.	кольцеобразное	южная	-1,00
15.II 1961 г.	полное	северная	+0,88
16.I 1972 г.	кольцеобразное	южная	-0,94

жается сложность движения Луны вокруг Земли и самой Земли вокруг Солнца. Ведь периоды этих движений (включая вращение линии узлов) не-

соизмеримы друг с другом. Это обстоятельство и приводит к тем особенностям солнечных затмений, которые были изложены выше.

ТАБЛИЦА 5

Дата	Затмение	Область
15.II 1942 г.	затмения нет	—
15.II 1961 г.	полное	Франция, Италия, СССР
16.II 1980 г.	полное	Центральная Африка, Индия
16.II 1999 г.	кольцеобразное	Австралия
15.II 2018 г.	частное	Антарктика
15.II 2037 г.	затмения нет	—



## ДОИСТОРИЧЕСКИЙ ЧЕЛОВЕК ПРОВОДИЛ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ?

На территории Западной Европы неоднократно находили обработанные рукой первобытного человека кости животных и птиц. Иногда на них были высечены штрихи и углубления, которые интерпретировались как примитивные элементы украшения. Никто из исследователей не мог предположить, что зарубки, сделанные более 35 тыс. лет назад, когда, по современным понятиям, человек только становился человеком, могут что-либо означать.

По-новому подошел к объяснению этих знаков американский ученый А. Маршак. Он предположил, что каждый штрих, каждое углубление

несет определенную смысловую нагрузку, а их совокупность выражает какую-то законченную мысль. Для доказательства своей гипотезы ученый отказался от вторичных документов — фотографий, которые не могут передать всю тонкость гравировки, и зарисовок, которые неизбежно носят печать субъективизма их исполнителей. А. Маршак обратился к первоисточникам — гравированным костям животных и птиц, хранящимся в западно-европейских музеях.

Под бинокулярным микроскопом, увеличивающим от 10 до 60 раз, А. Маршак исследовал кости и об-

наружил, что некоторые элементы гравировки, ранее казавшиеся простыми, имеют сложную структуру. В ходе последующего анализа удалось дифференцировать элементы по их направлению в пространстве, расстоянию друг от друга и установить, что гравировка проведена несколькими инструментами.

Математическая обработка результатов исследований многих археологических образцов показала, что эти записи связаны с ...отсчетом времени по лунному движению.

Если гипотеза А. Маршака верна, то на территории Европы уже более 35 тыс. лет назад человек не только проводил астрономические наблюдения, но и записывал их в символической форме, задолго до того, как возникла письменность, первые системы счета и лунные календари.

«Science et Vie», 644, 1971.



*Йоганн Кеплер*

Гравюра К. Нордлінга

# Иоганн Кеплер

## К четырехсотлетию со дня рождения

Жизненный путь наиболее смелых борцов за правду во все века слишком хорошо напоминает нам жизнь Кеплера.

**А. Эйнштейн**

...Опустошительные войны, пугающие даже своими названиями,— Семилетняя, Тридцатилетняя, Столетняя; костры инквизиции, на которых сжигают гениальных ученых; процессы «ведьм»; Варфоломеевская ночь — таким представляется позднее средневековье спустя четыре-пять столетий. Но эта картина не полна, да это и не картина, а скорее, фон, на котором разворачивались события, оставившие глубочайший след в истории Человечества. Одно из таких, пожалуй, наиболее впечатляющих событий — познание законов движения планет. Законы эти открыты Иоганном Кеплером, названы его именем, это первые физические законы, полученные в результате обработки и осмысления тщательных измерений реального движения планет. Именно с открытия законов Кеплера начинается выработка современной методологии естественных наук: ученые все яснее понимают, что логически-математическое теоретизирование, каким бы четким и непротиворечивым оно ни было, само по себе, без проведения точных и тщательных опытов, ничего не значит. Именно законы Кеплера явились первым достижением научно-естественного мышления, основанного на философском принци-

пе: практика есть источник познания и критерий истины.

Сейчас трудно оценить весь героизм труда Кеплера. Вспомним, в каком положении были в ту эпоху естественные науки. Более тысячи лет вся Европа училась по одной-единственной книге — Библии, столетиями научная деятельность сводилась к выискиванию текстов в Библии, которые должны были объяснить те или иные явления природы. Но познание мира расширялось, обратились к более позднему авторитету — им стал великий Аристотель. И тут была поставлена точка: «истина познала самое себя», все явления природы, вся человеческая деятельность получили объяснение, и можно было спокойно любоваться деталями дивного творения, именуемого «аристотелевой системой мира». А тем, кто пытался усомниться или иметь иной взгляд на мир, грозил костер инквизиции. Но еще страшнее была веками существовавшая привычка ученых «измышлять гипотезы» не на основе наблюдательных фактов, а на пустом месте. Героический труд Кеплера, Галилея и других исследователей завершился победой научной методологии, кратко выраженной в знаменитом «гипотез не измышляю» Ньютона.

Вонистину божественный голос призывает людей к занятию Астрономией.

## И. Кеплер

Как было бы чудесно, если бы творческая жизнь ученого протекала в тиши кабинетов, лабораторий и обсерваторий! Иногда судьба баловала гения: были и тишина кабинета, и легенды при жизни, и слава, и так до последней точки, которая обычно заканчивала внушительную эпитафию на могильном камне в каком-нибудь историческом соборе. Но куда чаще судьба готовила гениальному ученому беспросветную нужду, непонимание, а подчас и осуждение современниками, а славу... только после смерти. Для Кеплера судьба все невзгоды возвела если не в квадрат, то как минимум в степень  $3/2$ .

Иоганн Кеплер родился 27 декабря 1571 г. на юге Германии, близ города Вейля (Вейль-дер-Штадт), в Вюртемберге. Старый дворянский род Кеплеров, в котором когда-то основным занятием мужчин была служба в войсках королей и герцогов, к этому времени совершенно разорился. Отец, Генрих Кеплер, был малограмотен, мать, Катарина, — совсем неграмотна. Грубые ссоры между отцом и матерью обычно кончались примирениями, а потом отец, завербовавшись в солдаты, надолго уезжал, оставляя беременную Катарину Кеплер без всяких средств к существованию. Удивительно, как семимесячный, хилый и болезненный Иоганн вообще выжил, но он выжил и в пятилетнем возрасте даже перенес оспу (!). Надо думать, что мальчику в ту пору помогал его дед, которого Иоганн часто навещал в Леонберге. Здесь он начал ходить в школу, выучился читать и писать. Безусловно, слабое здоровье мальчика натолкнуло окружающих его людей на мысль, что ни для какой практической деятельности он не пригоден. Неизвестно, кто именно, наверное пастор или школьный учитель, впервые обратил внимание

на мальчика и направил его на стезю, приводившую в те времена к знанию, — в церковное училище. Упорные занятия в разных монастырях (1582—1588 гг.) завершились переводом молодого Кеплера, как «подающего большие надежды», в Тюбингенскую семинарию (1589 г.). Окончив ее в 1591 г., Кеплер получил звание учителя и поступил в Тюбингенскую академию (позднее преобразованную в университет).

В те годы академия была обычным богословским учебным заведением, и Кеплер начал всерьез готовить себя к карьере богослова, чтобы, по его собственным словам, «послужить великому делу обновления христианства» (он был лютеранин). Однако его способности были столь яркие, а манера изложения мыслей, да и сами мысли в сочинениях на «божественные темы» столь своеобразны, что сановные руководители академии мало-помалу пришли к выводу, что Кеплер человек беспокойный, ищущий и не обладающий качествами, необходимыми для хорошего богослова. Кеплер сразу почувствовал изменение отношения к себе со стороны духовных отцов и понял, что не получить ему никаких церковных должностей, кроме места деревенского пастора, да и то в селении глуше. Самолюбие молодого человека было сильно уязвлено, и он решил расстаться с богословием и «прославлять Бога в астрономии». С этого момента и начинается дружба Кеплера с человеком, который внимательно следил за всеми перипетиями его богословской карьеры и осторожно готовил его к глубокому изучению астрономии и математики, с человеком, о котором потом Кеплер скажет: «я обязан ему всем», с профессором Михаилом Мёстлином (1550—1631). Именно Мёстлин познакомил Кепле-

ра с теорией Коперника, правда не с академической кафедры, а на занятиях у себя дома, куда он часто приглашал своего ученика. На этих же занятиях Мёстлин помогал Кеплеру более глубоко изучать математику и астрономию. До конца дней своих сохранил Кеплер любовь к наставнику и очень переживал, что не может достойно отблагодарить его за уроки.

По окончании курса в 1593 г. на двадцать втором году жизни Иоганн Кеплер получил блестящий аттестат, в котором удостоверялись его выдающиеся способности, но он не допускался к службе «во славу Божию» и назначался преподавателем математики в гимназию города Граца (Штирия). 24 мая 1593 г. Иоганн Кеплер читал в гимназии свою первую лекцию, а через год занял освободившуюся должность преподавателя астрономии — судьба торопила молодого Кеплера приняться за то, что составит содержание всей его жизни.

Первым трудом, изданным Кеплером в Граце, был «Календарь на 1594 год». В календаре счисление велось по новому, григорианскому стилю, введенному папой Григорием XIII в 1582 г. Такое пришлось не по вкусу ортодоксам-протестантам, для которых папа был «лев рыкающий», а все связанное с ним, по меньшей мере, никуда не годилось. Попытка Кеплера ввести новое счисление в протестантской стране не увенчалась успехом. И долго еще протестанты Европы отмечали церковные праздники по старому, юлианскому календарю...

В эти же годы Кеплер приобретает большую известность как астролог. Сейчас трудно с достоверностью судить, насколько серьезно относился Кеплер к своим астрологическим занятиям. Известно высказывание Кеплера, вошедшее во все его биографии: «Чтобы ищущий истину мог свободно предаваться этому занятию, для него необходимы, по меньшей мере, пища и помещение. У кого нет ничего — тот раб всего, а кому охота идти в рабы?.. Лучше издавать альманахи с предсказаниями, чем просить милостыню. Астрология — дочь астрономии, хотя и незаконная, и разве не естественно, чтобы дочь кормила



Михаил Местлин, учитель И. Кеплера  
Портрет работы неизвестного художника

свою мать, которая иначе могла бы умереть с голоду»\*.

В 1597 г. вышло в свет первое научное сочинение Иоганна Кеплера под названием «Предвестник космографических исследований, содержащий космографическую тайну об удивительном соотношении пропорциональности небесных кругов, о периодических их движениях, общих и частных,—объясненную из пяти правильных геометрических тел». Это — типичное произведение, «измышляю-

щее гипотезу». Делается попытка получить закон планетных расстояний (естественно, Кеплер считает, что планет шесть: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн), придавая каждой гелиоцентрической планетной сфере определенной геометрический смысл: в нее вписан правильный многогранник и около нее описан правильный многогранник, который в свою очередь вписан в другую планетную сферу, вокруг которой описан... и так далее. Но издревле было известно лишь пять правильных многогранников — куб, тетраэдр, октаэдр, икосаэдр и додекаэдр, поэтому задача сводилась к выбору последовательности этих многогранников. Типично пифагорейская убежденность в том, что искомая последователь-

ность существует, пронизывает всю книгу, но заканчивается она парадоксом, на который Кеплер, войдя в экстаз от сделанного «открытия», не обратил внимания. Вот уже выбраны и распределены между планетными сферами многогранники, вот уже «подогнан» Меркурий, около сферы которого пришлось очень своеобразно описывать октаэдр, но никак не найдется закон планетных расстояний: для этого требуются еще две планеты — между Меркурием и Венерой, между Марсом и Юпитером. Тут же измышляется соответствующая гипотеза, и Кеплер даже не вспоминает, как он в первой части книги на многих страницах обосновывал необходимость пяти, и только пяти, правильных геометрических фигур!... Кеплер всегда ценил свой первый научный труд за то, что в нем он будто бы ясно предсказал существование закона планетных расстояний. Но он заблуждался: закон планетных расстояний не «открыт» до сих пор.

И все же, несмотря на явную наивность математического построения, несмотря на нелепость исходной гипотезы, есть в «Предвестнике» нечто, позволяющее разглядеть в его авторе будущего «законодателя неба». Это — убежденный гелиоцентризм Кеплера, причем Кеплер не просто механически переносит центр системы в Солнце, в его рассуждениях слышится слабый отзвук пробуждающегося понимания роли Солнца, как центра притяжения! Судите сами: «Подобно тому, как источник света находится в Солнце, так и основание кругового движения находится в месте, занимаемом Солнцем, и, без сомнения, в его центре, так что теперь жизнь, движение и душа мира — все совмещается в одном и том же Солнце».

«Предвестник» был послан многим ученым и встречен очень благожелательно. С Галилеем у Кеплера началась переписка, длившаяся много лет. Очень высоко оценил труд Кеплера вычислителя великий Тихо Браге, да и как было не оценить такой титанический труд: два года вычислял Кеплер расстояния планет от Солнца, согласующиеся с его гипотезой, он был так восхищен своим открытием, что

\* Е. А. Предтеченский. Кеплер. Его жизнь и научная деятельность. Пг.— Берлин — Стокгольм — Лондон. Изд-во Гржебина, 1921 г., стр. 40.

не жалел о затраченном времени, он буквально бредил цифрами: «работая над этим, я твердо заучил расстояния и обращения планет<sup>\*</sup>, так что мог наизусть производить различные их сочетания».

В том же 1597 г. Кеплер женился на молодой красивой вдове Варваре Мюллер. Жене его принадлежал дом в Граце и небольшое имение в Штирии, и можно было думать, что у Кеплера начнется обеспеченная и спокойная жизнь. Как бы не так! В 1598 г. престол Штирии занял эрцгерцог Фердинанд Австрийский, который объявил генералиссимусом своих войск святую Деву Марию и дал обет искоренить лютеранскую ересь. Был отдан приказ: до захода солнца 17 сентября 1598 г. всем протестантам под страхом смерти покинуть Грац... Кеплер скрылся в Венгрии, а тем временем отцы-иезуиты, ценившие в нем выдающегося астролога, начали хлопоты. Они посоветовали Кеплеру «войти в соглашение» с правительством Штирии. Ему бы произнести что-нибудь вроде «Париж стоит мессы», да жить бы себе припеваючи в Штирии, а он уперся: «Я принадлежу к аугсбургскому исповеданию (т. е. лютеранин — А. М.) вследствие обстоятельного разбора этого учения, а равно и потому, что к нему же принадлежали мои родители. За эту веру я пострадал и притворяться не способен. Религия для меня дело важное и я не могу относиться к ней легко». Пришлось бежать из Штирии, но это случилось немного позднее, уже в 1599 г., после того как, не уловив Кеплера, ему разрешили жить в Граце, но при условии, что он будет вести себя благоразумно, а он за это время успел съездить в Прагу к Тихо Браге, договориться с ним о совместной работе и, вернувшись, написать письмо, обращенное к «страдающим единоверцам», в котором призывал их терпеть и набираться мужества... И вот, бросив дом и имущество, Кеплер с семьей отправляется в Прагу к Тихо Браге.

<sup>\*</sup> Для этой работы Кеплер использовал неточные и устаревшие «Прусские таблицы», составленные в 1551 г., за много лет до начала наблюдений Тихо Браге.

Среди глубокого мрака неведения, лишь ощупывая все стены, мог я добраться до светлых дверей истины.

И. Кеплер

Несчастливо началась жизнь в Праге. Кеплер приехал больным злокачественной лихорадкой и проболел около семи месяцев. Жена его, гордая дворянка, вынуждена была просить денег у Тихо Браге, а их и у него не было: остатки своего состояния Тихо истратил на переезд из Дании в Прагу, а жалование получал так же нерегулярно, как впоследствии и Кеплер. От этих неурядиц настроение у Кеплера испортилось и ему стало казаться, будто Тихо Браге не смотрит на него как на равного, а хочет, чтобы Кеплер был простым вычислителем. Обстановка накалилась. Лишь после того как Кеплер написал Тихо очень резкое письмо, а потом, убедившись в своей неправоте, просил у него прощения, началась совместная работа двух великих ученых.

Когда Кеплер прибыл в Прагу, Тихо с помощником работал над теорией движения Марса, если можно назвать теорией движения попытки Тихо представить реальное движение Марса при помощи эпициклов. Тихо — один из величайших астрономов-наблюдателей — был убежденным геоцентристом. Он не признавал гелиоцентрическую систему мира, ибо не мог обнаружить из своих наблюдений параллактического смещения звезд. У него была своя собственная система мира, в которой все планеты, кроме Земли, вращались вокруг Солнца, а Солнце вращалось вокруг неподвижной Земли!.. Кеплер был в это время столь же убежденным сторонником учения Коперника и не мыслил обработки наблюдений Марса иначе как на основе гелиоцентрической теории. Снова назрел конфликт, но на этот раз его разрешила смерть: 13 октября 1601 г. Тихо Браге скончался, завещав своим сотрудникам, в том числе и Кеплеру, обрабо-

тать его наблюдения с точки зрения геоцентрической теории.

После смерти Тихо Кеплер был назначен «императорским математиком» и ему поручили составить новые таблицы планетных движений. Кеплер начал с движения Марса — интуиция гения подсказала ему, что именно здесь он достигнет «познания тайн астрономии». Наблюдения Тихо были достаточно точны, орбита Марса достаточно вытянута, поэтому Кеплеру сразу удалось установить, что орбита Марса не круговая. Но какая? Чтобы ответить на этот вопрос, понадобились пять лет каторжного вычислительного труда, перебор массы вариантов (каждый вариант — это заново вычисленные орбиты Марса и Земли!).

Первая идея: может быть, орбита все-таки круг, но Солнце располагается не в центре, а сдвинуто? Проверил — не подходит. Эллипс с центром в Солнце? Проверил — эллипс отброшен! Рассматривал фигуры овальной формы («щекастые», «яйцевидные» и т. п.). Но у них нет строгого математического описания, и Кеплер сетует на геометров: «В наше время между ними находятся очень почтенные, но они часто трудятся над вопросами, польза которых не особенно очевидна». Фигуры овальной формы тоже не подходят, и Кеплер восклицает: «Итак, вся наша теория пошла прахом!» Но еще раньше, отвергая эллипс, он пишет: «Если бы кривая была эллипс, затруднений было бы гораздо меньше». Опять интуиция?.. И наконец мелькнул луч надежды: кривой, вполне описывающей гелиоцентрическое движение Марса, может быть только эллипс с Солнцем в одном из его фокусов! Тогда в точности осуществился и закон, установленный ранее при изучении движе-



Тихо Браге

ния Земли, а теперь постоянно проверяемый одновременно с гелиоцентрическими расстояниями,— закон равенства площадей, замечаемых радиусом-вектором в равные промежутки времени...

Все это изложено Кеплером в его гениальном труде «Новая астрономия или небесная физика с комментариями на движение планеты Марс по наблюдениям Тихо Браге» (1609 г.). Итак, создание астрономии как точной науки началось! Первые два закона движения небесных тел были открыты.

Значение «Новой астрономии» не исчерпывается только открытием первых двух законов движения небесных тел. В книге высказаны поражающие даже сейчас догадки о природе и свойствах тяготения, дан почти до конца понятый принцип инерции, приведены очень любопытные рассуждения о родстве силы тяжести и силы магнитного притяжения. И вот еще что существенно. Начиная обработку наблюдений Тихо Браге, Кеплер заново осмысливает современное ему учение о рефракции и создает интереснейшие трактаты «Дополнение к

### Первый закон Кеплера:

Орбита каждой планеты лежит в неподвижной плоскости, проходящей через Солнце, и является эллипсом, в одном из фокусов которого находится Солнце

### Второй закон Кеплера:

Радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, заметает равные площади в равные промежутки времени

Витело» (1604 г.) и «Диоптрике» (1611 г.). Его воззрения на природу света были такими же, как много лет спустя у Ньютона. Мало того, еще не зная законов преломления света, он предсказывает явление полного внутреннего отражения, составляет очень точные таблицы рефракции, вычисляет относительную плотность воздуха и за четыре года до рождения (!) Э. Торричелли убеждается, что воздух есть вещество тяжелое. В «Дополнении» изложена довольно близкая к современной теории зрения, правильно объяснены близорукость и дальновидность. В «Диоптрике» Кеплер предлагает схему астрономической трубы — рефрактора. Есть даже основания предполагать, что именно в Праге Кеплер одним из первых соорудил и демонстрировал камеру-обскуру.

Много и других поразительных догадок и рассуждений разбросано в трактатах, созданных Кеплером в Праге. Пражский период деятельности Кеплера был чрезвычайно плодотворен. В это время раскрылись черты, характерные для Кеплера-ученого: необычайная работоспособность, восторженная поэтичность стиля, ге-

ниальная интуиция и трезвость анализа. И еще одна черта примечательна для научного творчества Кеплера — добросовестность истинного ученого. Не имея возможности строго доказать открытый им второй закон движения планет\*, он не помещает его формулировки в «Новой астрономии», а подробно излагает его позднее в книге «Краткая коперниковская астрономия» (1618—1622 гг.).

Казалось, можно пожинать плоды: славу, почести, богатство! На деле все было не так. Денег своему астроному император упорно не платил. За двенадцать лет Кеплер получил жалование, причитающееся за одиннадцать месяцев! Но это не самое страшное... Началась война, войска эрцгерцога Матвея (брата императора Рудольфа) заняли Прагу. Вспыхнули эпидемии. Кеплер теряет старшего сына и жену, остается с двумя младенцами на руках: восьмилетней дочерью Сусанной и трехлетним сыном Людвигом. Жить в Праге невозможно, правда император Рудольф обещает выплатить часть долга, но умирает, а новый император Матвей разрешает Кеплеру, сохраняя звание императорского математика (благо, за это платить не надо), переехать в Линц и поступить преподавателем в гимназию. Так Кеплер, убежденный протестант, оказывается в католическом городе, окруженный недоброжелательством, даже ненавистью. Наступает последний, наиболее плодотворный и наиболее трагический период жизни великого ученого.

---

\* Второй закон движения планет открыт Кеплером раньше первого. Для того, чтобы создать теорию движения Марса, он должен был построить гелиоцентрическую орбиту Земли. Изучая эту орбиту, Кеплер и установил закон площадей. А изучение более вытянутой эллиптической орбиты Марса привело к открытию первого закона движения планет. Подробно история открытия первых двух законов Кеплера изложена в статье Ю. А. Рябова «К 350-летию открытия первых двух законов Кеплера». «Астрономический календарь на 1959 г.»

Бездействие — смерть для философии; будем же жить и трудиться.

И. Кеплер

Поселившись в Линце, Кеплер в 1613 г. женился на Сусанне Реттингер, с которой прожил в согласии до конца своих дней и имел от нее восемь детей. Вторая женитьба послужила Кеплеру поводом для написания великолепного математического произведения «Новая стереометрия винных бочек». Вот как описывает Кеплер возникновение замысла книги. «В ноябре прошлого года... я ввел в свой дом новую супругу в то время, когда Австрия, закончив обильный сбор благородного винограда, распределяла свои богатства... и весь берег в Линце был завален винными бочками, продающимися по сходной цене. Согласно обязанностям супруга и доброго отца семейства, мне пришлось позаботиться о необходимом для дома напитке. Потому ко мне на дом было принесено и поставлено несколько бочек, а через четыре дня пришел продавец с измерительной линейкой, с помощью которой и промерил подряд все кадки без различия, не обращая внимания на форму, без всяких соображений и вычислений. ...Я удивился... и даже усомнился в правильности такого измерения... Вспомнилось мне и нудное измерение, применяемое на Рейне... Когда же я узнал, что такое употребление поперечной линейки установлено здесь общественными властями и измерители ручаются за его правильность, то я, как новобранный, счел для себя подходящим взять новый предмет математических занятий и исследовать геометрические законы такого удобного и крайне необходимого в домашнем хозяйстве измерения и выяснить его основания, если таковые имеются». Можно утверждать, что в этой книге Кеплер вплотную подошел к понятиям дифференциального и интегрального исчисления. Не было сделано только последнего шага — перехода к преде-

лу. Кеплер прекрасно знал восходящий к Эвклиду и строго разработанный Архимедом «метод исчерпывания», который позволял древним математикам доказывать многие предельные соотношения. Но этот метод не позволял вычислять неизвестные пределы, и Кеплер предпочитает нестрогие подсчеты конечных сумм и отношений. На этом пути он терпит ряд поражений, некоторые из доказанных им теорем неверны; но зато какое количество удачных подсчетов объемов и площадей!

Книга Кеплера быстро разошлась по Европе и вызвала многочисленные отклики, в большинстве критические. Но нет сомнения в том, что эта книга, как впрочем и многие другие труды Кеплера, была известна Ньютону и дала ему пищу для размышлений во время создания «метода флюксий». Интересна надпись на экземпляре книги Кеплера «Новая астрономия», бывшем в библиотеке Д'Аламбера: «Ньютон никогда бы не написал своих «Начал естественной философии», если бы он долго не размышлял над теми замечательными местами, в которых Кеплер совместил столько счастливых изысканий. Соединенные писания этих двух людей — поразительное доказательство того, на что способен человеческий ум, вооруженный наблюдениями и геометрией».

...Тем временем церковники не дремали: на Кеплера стали смотреть как на еретика и вскоре после приезда в Линц отлучили от церкви. И тут произошло событие, заставившее его через несколько лет покинуть Линц и до конца дней своих скитаться в поисках угла и куска хлеба для себя и своей семьи. В декабре 1615 г. Кеплер получает письмо от своей сестры Маргариты, в котором та пишет, что их матушка обвиняется в колдовстве и ей грозит сожжение на

in finit ex quo a dno dno, et q. a mal patria m  
 f bona, a mittet illa: quod mihi fas sit in hunc  
 am detorqueva. Tu se me de rebus aliquibus a  
 loxem reddere vis Lincium mitte libros ad  
 meritum Redorem Mox haredita. Inde in Bohem  
 m mihi poterunt, ait uxoy meae trudi: Vite  
 m nobis ora. 9 Septemb: ad . 8 . 0 . 0

H. T.

Gratias diligenti

M. J. Kepler

Автограф И. Кеплера

костре. Кеплер прекрасно понимает, что главной причиной всех этих несчастий является сама Катарина: ее буйный нрав, несдержанный язык и несносный характер восстановили против нее всех без исключения односельчан. Даже на суде она дерзила и призывала кару небесную на присутствующих!

Кеплер начал хлопоты. Ему удалось, пользуясь своим званием и связями, ускорить ведение процесса и освободить мать от пытки. Решено было, что палач только поугаует ее видом орудий пыток. Он так и сделал: разложив перед ней свои страшные орудия, палач подробно объяснил ей назначение каждого. Старуха внимательно все выслушала и заявила: «Может, под пыткой я и назову себя колдуньей, но это будет совершенная ложь!» Такая твердость, а главное хлопоты знаменитого сына, возымели свое действие, и после четырнадцатимесячного заключения мать Кеплера была оправдана и освобождена. В 1622 г. она умерла. Нам

остается почтить ее как мать Кеплера и отдать ей должное: она отказалась возводить на себя напраслину даже ценой спасения от пыток!

После оправдания матери Кеплер вернулся в Линц, но не смог там больше работать: его в глаза называли сыном колдуньи. Пришлось уехать, оставив семью в Линце. В это тяжелое для Кеплера время он получает несколько лестных приглашений на работу: от правительства Венецианской республики — занять кафедру математики и астрономии в Падуанском университете, которую ранее занимал Галилей; от университета в городе Болонья и, наконец, от короля Англии. И на все эти приглашения он ответил отказом. В Венецию он написал: «Я родился в Германии, привык везде и всегда говорить правду, а потому не желаю взойти на костер, подобно Джордано Бруно»...

Между тем император Матвей умер и на престол Священной Римской империи вступил тот самый Фер-

динанд Австрийский, который двадцать лет назад выгнал Кеплера из Штирии! «Куда мне бежать?» — пишет Кеплер одному из своих друзей. И действительно, его положение было далеко небезопасным: в 1624 г. инквизиция уничтожила его календари, а в 1626 г. толпа фанатичных католиков разгромила его дом, некоторое время держала всю семью в осаде и вынудила Кеплера переехать в Регенсбург. Его библиотека была спасена отцами-иезуитами, опечатавшими ее и этим успокоившими толпу. В последние годы жизни Кеплер переезжает из города в город, без средств, без жилья, но продолжает работать как одержимый.

В 1619 г. вышла знаменитая «Мировая Гармония», в которой был сформулирован третий закон Кеплера. С 1618 по 1622 г. выходит отдельными выпусками «Краткая коперниковская астрономия», написанная Кеплером на прекрасной латыни и имевшая у современников, пожалуй, наибольший успех. В 1627 г. после двадцатипятилетнего труда были изданы таблицы планетных движений — «Рудольфинские таблицы всей астрономической науки, начатые впервые Тихо Браге, продолженные и доведенные до конца Иоганном Кеплером». На основе этих таблиц Кеплер предсказал прохождение Венеры по диску Солнца в 1631 г. Биографы Кеплера отмечают, что осуществление этого предсказания, изложенного в брошюре «О редких и удивительных явлениях 1631 года», сделало работу Кеплера образцом научного предвидения.

### Третий закон Кеплера:

Квадраты времени обращения планет пропорциональны кубам больших полуосей их орбит.

Открытие третьего закона движения небесных тел доставляет колоссальную радость ученому. Обозревая все написанное в «Мировой Гармо-





Памятник Иоганну Кеплеру в Вейле

Фото академика А. А. Михайлова, 1928 г.

генсбург больной, измученный путешествием и крайне озабоченный положением своей семьи, оставленной в Линце без копейки. Вскоре обнаружилась горячка, сопровождавшаяся нагноением в мозгу, и через шесть дней после прибытия в Регенсбург 15 ноября 1630 г. великий ученый скончался на пятьдесят девятом году своей мученической жизни. В наследство своей семье он оставил 57 экземпляров «Эфемерид на 1631 год», 16 экземпляров «Рудольфинских таблиц», рукопись астрономического романа, две рубашки и несколько феннигов... Регенсбургские друзья Кеплера — начальник гимназии Остертаг и пастор Серпилий — устроили скромные похороны, был даже установлен памятник с надписью:

«На сем месте покоится тело благородного дворянина и знаменитого ученого Иоганна Кеплера, состоявшего в течение 30 лет математиком при трех императорах: Рудольфе II, Матвее и Фердинанде II, раньше же бывшего на службе штирийских вельмож с 1594 по 1600 г., а впоследствии на службе Австрийских штатов с 1612 по 1628 г., прославившегося во всем христианском мире своими сочинениями, считаемого всеми учеными в числе первых светил астрономии, написавшего собственноручно следующую себе эпитафию:

Я небеса измерял, ныне тени  
земли измеряю.  
Дух мой на небе жил, здесь  
же тень тела лежит.

Во Христе мирно почил в лето  
от Р. Х. 1630, ноября 15».

Правда, памятник этот не сохранился в буре многолетних войн, но по прошествии полутора столетий, в 1808 г. в городе Регенсбурге построили часовню, а при ней памятник Кеплеру. В 1870 г. был сооружен памятник Кеплеру и в городе Вейле. Один из историков астрономии писал по этому поводу: «Если бы Кеплер при жизни располагал теми деньгами, которых стоил воздвигнутый ему памятник, то он, может быть, прожил бы еще несколько лет к великой пользе науки».

Самым лучшим памятником ученому, самым славным продолжением его научного подвига можно считать тот колоссальный прогресс астрономии, который был начат его трудами и который через 350 лет после открытия им законов движения планет привел к осуществлению одной из самых удивительных фантазий Человечества, — полету человека в космос.

#### ПОСМЕРТНАЯ СУДЬБА ТРУДОВ И. КЕПЛЕРА

При жизни Кеплера было напечатано 45 его сочинений. Роман «Сон» издан в 1634 г. Людвигом, сыном Кеплера от первого брака. Большинство рукописей Кеплера купила Российская Академия наук в 1775 г. Хранятся они в Пулковской обсерватории. Первое полное собрание сочинений великого ученого было издано в Германии в XIX в. С 1858 по 1871 г. увидели свет восемь томов на латинском языке, причем немногие труды, написанные Кеплером по-немецки, приведены в подлиннике. К собранию приложена биография, составленная издателем К. Фришем. На русском языке в 1935 г. вышла в переводе с латинского «Стереометрия винных бочек», а задуманное издание «Новой астрономии» на русском языке не осуществилось — помешала война. В 1963 г. в ФРГ закончено издание наиболее полного собрания сочинений и писем Иоганна Кеплера в 18 томах, предпринятое Баварской Академией наук.

**А. М. МИКИША**  
кандидат технических наук



**СИМПОЗИУМЫ,  
КОНФЕРЕНЦИИ,  
СЪЕЗДЫ**

## **Московский форум геодезистов и геофизиков**

Со 2 по 14 августа в Московском университете на Ленинских горах работала XV Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза (МГГС) — крупнейшего из научных союзов, входящих в состав Международного совета научных союзов ЮНЕСКО\*.

Высший орган МГГС — Генеральная ассамблея, созываемая каждые четыре года. Между Генеральными ассамблеями работой МГГС руководит Исполнительный комитет, избираемый на очередной ассамблее. XV Генеральная ассамблея явилась крупнейшим форумом ученых, занятых изучением Земли и околоземного пространства. В ее работе приняли участие более 3000 человек, представляющих науку 59 стран. Во время ассамблеи состоялось около 40 симпозиумов, заслушано более 900 научных докладов. В составе советской делегации было свыше 1000 специалистов. Обобщение огромного материала займет много месяцев, и потому сейчас невозможно дать должный научный анализ всего, что

было рассказано и продемонстрировано.

Мне по специальности более близка Международная ассоциация геодезии. Эта ассоциация была образована в 1863 г. и имеет вековую традицию в организации и проведении международных геодезических работ. Геодезисты, в задачу которых входит установление размеров и формы Земли, вероятно, первыми поняли необходимость объединения своих усилий в рамках международного сотрудничества.

Как же развивались некоторые геодезические идеи? Человечество затратило около 70 лет на то, чтобы доказать, что Земля сплюснута вдоль полярной, а не экваториальной оси. 150 лет понадобилось для определения размеров полуосей Земли с точностью до нескольких сот метров. Сегодня благодаря спутниковым измерениям мы знаем размеры земного эллипсоида с точностью 10—15 м. Использование искусственных спутников Земли обеспечило исключительный прогресс в изучении ее формы и фактически создало новую область геодезии — морскую геодезию и существенно повысило возможности навигационных устройств. В на-

\* Б. И. Силкин. Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза. «Земля и Вселенная», № 3, 1970 г.



стоящее время уже широко применяется аппаратура, позволяющая определять координаты корабля в любой точке акватории Мирового океана с точностью 100—150 м. В ближайшее время эта точность будет доведена до 20—30 м.

До начала нашего столетия предполагалось, что высокоточные геодезические построения не деформируются со временем из-за стабильности земной коры. Однако применение современной аппаратуры и методов измерений опровергло это представление. Земная кора непрерывно деформируется. Часте эти деформации незаметны глазу, но соответствующие приборы их «чувствуют». Современные средства уверенно регистрируют приливы в твердой Земле. Это позволяет рассчитывать физические свойства как всего земного шара, так и отдельных его оболочек.

Строительство гигантских гидросооружений, больших ускорителей элементарных частиц предъявляют высокие требования к устойчивости этих сооружений. В настоящее время можно считать установленным, что любая точка земной поверхности находится в движении. Часте эти движения бывают малыми и происходят со скоростью 1—2 мм в год, но иногда они достигают 50—60 мм в год, как это сейчас наблюдается в Алматы. Задача геодезистов — прогноз этих движений. Поэтому им приходится изучать причины, вызывающие такие движения. С этой целью создаются специальные геодинамические полигоны, на которых систематически из года в год проводятся наблюдения за вертикальными и горизонтальными движениями земной коры. В Советском Союзе в настоящее время действуют 18 таких полигонов, а всего на земном шаре их около 40. В итоге наблюдений за вертикальными движениями земной коры пришли к важному выводу о том, что скорости вертикальных движений в сейсмоактивных районах подвержены заметным колебаниям и что их можно рассматривать как квазипериодические.

В последние годы по инициативе советских ученых создаются карты

скоростей вертикальных движений земной коры на континентах\*.

В сейсмоактивных районах земного шара наблюдается изменение вертикальных скоростей движений земной коры в период подготовки землетрясений, эти признаки могут быть основой для прогноза сейсмических катастроф.

Представляет большой интерес результат недавних исследований горизонтальных движений на Памире. Советские ученые установили сближение двух горных хребтов — Гиссарского и Петра Первого со скоростью 20 мм в год. Это первый достоверный результат измерений горизонтальных перемещений горных массивов на территории Советского Союза.

Исключительно сложной представляется проблема движения континентов. Пока человечество не располагает техническими средствами, позволяющими достоверно измерить эти движения (если они существуют). Косвенные методы дают противоречивые данные. Однако можно с уверенностью сказать, что применение новых радиофизических методов позволит в ближайшее время эту задачу успешно решить.

Не снимается и задача измерения силы тяжести. Это — наиболее распространенный метод обнаружения полезных ископаемых, важнейший инструмент геодезиста, так как дает возможность исследовать в деталях форму уровенной поверхности Земли. Величина силы тяжести необходима метрологу для определения единицы атмосферного давления — бара, единицы количества электричества. Она нужна для расчета траектории полетов ракет и спутников. Без надежного знания гравитационного поля Земли невозможен расчет траектории полета на Луну. Возникает вопрос: меняется ли величина ускорения силы тяжести во времени? Если меняется, то по какому закону?\*\*. Вопрос постоянства величины силы тяжести во времени принадлежит к

\* См. материалы на стр. 48 этого номера.

\*\* Ю. Д. Буланже. Изменяется ли сила тяжести во времени? «Земля и Вселенная», № 5, 1965 г.

фундаментальным вопросам, связанным с происхождением и развитием Земли как планеты. Пока на этот вопрос нет однозначного ответа. Очень существенно получить правильный ответ для понимания многих проблем, в том числе проблемы о расширении Земли. В последние годы достигнут огромный прогресс в области абсолютных измерений ускорения силы тяжести. Уже сейчас достигнута точность в несколько единиц девятого знака. Эти успехи послужили основой для разработки международного проекта изучения вариаций силы тяжести во времени, в разработке и реализации которого советские гравиметристы принимают самое активное участие.

Упомянутые здесь проблемы были предметом научных сообщений и дискуссий на заседаниях, проходивших по программе работы Международной ассоциации геодезии.

Работа XV Генеральной ассамблеи завершилась выборами нового президента МГГС, членов нового состава Исполкома. Президентом МГГС избран английский ученый Х. Чарнок. Были избраны новые президенты всех семи ассоциаций. Эти выборы наглядно продемонстрировали авторитет советской науки. Четыре президента из семи избраны из числа советских ученых — член-корреспондент Г. С. Горшков, член-корреспондент В. А. Магницкий, доктор физико-математических наук В. А. Троицкая и автор этих строк. Впервые за все время существования Союза президентом ассоциации стала женщина — представительница советской плеяды магнитологов.

Впереди у геодезистов и геофизиков много новых научных программ, поставленных XV Генеральной ассамблеей МГГС. Так, например, принято решение объявить период с 1975 по 1980 г. «Международным периодом окружающей среды».

**Ю. Д. БУЛАНЖЕ**  
член-корреспондент АН СССР  
президент Международной  
ассоциации геодезии

# Ученые—о проблемах геодезии и геофизики

Во время работы XV Генеральной ассамблеи Международного геодезического и геофизического союза [2—14 августа 1971 г.] ученые из разных стран мира устраивали щедрые встречи с пьющими, жадными до самого «последнего», до самого близкого к истине слова,— журналистами.

Мы знакомим читателей только с немногими из той лавины новых идей о процессах, происходящих в «твердой Земле», обсуждавшихся на пресс-конференциях.



## Слово о прогнозе землетрясений

В. И. МЯЧКИН, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией процессов разрушения [Ордена Ленина Институт физики Земли имени О. Ю. Шмидта].

Прямой поиск предвестников и раскрытие тайн очага землетрясения—две главные задачи в прогнозе землетрясений. Что же предшествует землетрясению?

Чтобы получить ответ на вопрос, как ведут себя горные породы в естественных условиях перед толчком, в Институте физики Земли последние годы интенсивно изу-

чается физика разрушения материалов.

Мы пришли к выводу, что перед разрушением в массиве горных пород образуется область интенсивного развития микротрещин. Эта область затем стягивается к нескольким большим зародышевым трещинам, с которых и «стартует» землетрясение. В такой области растрескавшихся горных пород изменяются физические свойства, в том числе скорости распространения упругих волн. Вот это изменение скоростей мы и используем в нашем методе прогноза. Зону, где обычно происходят землетрясения, мы «просвечиваем» упругими волнами от искусственных землетрясений—взрывов. Такие работы проводятся на Камчатке.

В 1968 г. нам удалось обнаружить уменьшение скоростей распространения упругих волн на 2,5—4%. Через три месяца после этого здесь произошло землетрясение средней силы.

Обнадеживающие результаты на пути прямого поиска предвестников

получил заведующий лабораторией электромеханических процессов кандидат физико-математических наук Г. А. Соболев. Он наблюдал изменения потенциала земных токов перед 12 камчатскими землетрясениями. В 9 случаях ему удалось зафиксировать четкое изменение потенциала электротеллурических токов за 15—20 суток до подземного толчка.

Существуют и другие методы поиска предвестников. Можно уже говорить о некоторой зависимости: чем сильнее землетрясение—тем больше временной интервал между ним и возникновением предвестника.

Мы ищем и кратковременные симптомы—те, которые за несколько часов «предупреждают» о катастрофе.

Конечно, в деле прогноза землетрясений сейсмологу часто приходится испытывать разочарование. И все-таки, по-моему, лучше дать прогноз, который не оправдается, чем не давать его вовсе. Я думаю, что долг каждого ученого все-таки осторожно предупредить.

**ДЕЙВИД ФИНКЕЛЬСТАЙН, доктор. (Иешивский университет, США).**

Мы изучаем электрические разряды, возникающие перед... во время... и после землетрясений. В период землетрясений в ясный день или ясную ночь без видимых грозовых облаков возникают и обыкновенные и шаровые молнии.

Самую большую коллекцию наблюдений этих своеобразных предвестников собрал японский ученый Ясуи. В древних летописях можно найти сообщения о молниях и свечении всего неба во время землетрясений, датированные 373 г. до н. э.

Удивителен эффект и причины, его объясняющие.

Если сжимать кристалл кварца, появляется заряд. При случайной ориентации кристаллов заряды компенсируются. В земной коре есть пьезоэлектрические кристаллы, и эксперименты показывают, что ориентированы они не случайно. Тогда в земной коре должен возникнуть электрический потенциал. Если обладающие пьезоэлектрическими свойствами породы покрыты очень проводящим слоем земли, конечно, ни о каких разрядах не может быть и речи: в этом случае пьезоэлект-

рический эффект приводит к обычным теллурическим токам. Но в том случае, когда проводящего слоя нет, появляются разряды самого разного типа, в том числе и шаровые молнии. При этом деформация земной коры во время землетрясения и есть то необходимое сжатие, которое помогает всем этим электрическим явлениям возникнуть.

**Н. В. ШЕБАЛИН, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией сильных землетрясений (Ордена Ленина Институт физики Земли имени О. Ю. Шмидта).**

Большое землетрясение — результат сложных процессов, происходящих в недрах Земли и охватывающих огромные объемы вещества, многие тысячи, а иногда и миллионы кубических километров. Упругие напряжения в Земле накапливаются годами, и, конечно, при этом должны наблюдаться определенные геофизические явления — предвестники.

Земные недра отличаются большой неоднородностью строения. В таких неоднородностях под действием возрастающего напряжения возникают самые различные по величине трещины, и чем мельче — тем

чаще. Возникновение каждой трещины и есть землетрясение, причем вспарывание большой трещины не происходит мгновенно, оно начинается с маленькой, а затем безостановочно развивается. Какая из маленьких трещин породит самую большую, даст начало сейсмической катастрофе? — в большой мере дело случая. Поэтому я думаю, что при предсказании землетрясения мы можем сильно ошибаться: либо в оценке времени, либо в оценке размеров готовящегося землетрясения. По этой причине никакой отдельно взятый метод прогноза не будет иметь успеха — необходим комплекс методов, каждый из которых должен вносить свой вклад в уточнение времени и силы готовящегося бедствия. Прогноз землетрясения нельзя «изобрести», нельзя придумать индикатор будущего землетрясения, который можно было бы повесить на стенку, как барометр.

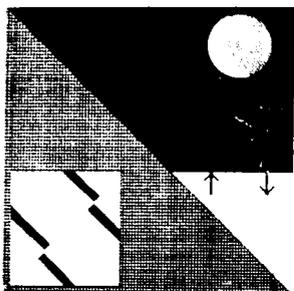
Создание метода прогноза еще не решает всех проблем. Прогноз сейсмической катастрофы может оказать на неподготовленное общество воздействие столь сильное, что убытки в результате дезорганизации производства и паники нанесут больше вреда, чем само землетрясение, случись оно внезапно. Таким образом, сейсмология здесь смыкается с такими науками, как экономика, социальная психология и другими. Пропаганда наших знаний и достижений в области прогноза должна вестись исключительно внимательно и осторожно. Надо, в частности, знать, что в предсказании землетрясений, как и в прогнозе любого явления, могут быть ошибки двух родов. Ошибки первого рода — непредсказание. В геофизическом плане — это появление землетрясения без известных нам предвестников. В экономическом плане — это большой ущерб. В социально-психологическом — снижение доверия к науке. Ошибки второго рода — ложный прогноз, т. е. появление предвестников без самого землетрясения. Больших убытков это не вызовет, но появится недоверие к самим прогнозам. Что опаснее для общества в целом? — мы пока не знаем.



На пресс-конференции по теме «Прогноз землетрясений». Слева направо: И. Л. Нерсесов, заведующий сектором экспериментальной сейсмологии и В. И. Мячкин, заведующий лабораторией процессов разрушения (Ордена Ленина Институт физики Земли имени О. Ю. Шмидта)

**И. Л. НЕРСЕСОВ:** Проблема прогноза землетрясений является одной из главных задач сейсмологических исследований. Широким фронтом такие исследования ведутся в трех странах: Японии СССР и США.

**В. И. МЯЧКИН:** В разработке действенных методов прогноза необходимо сочетание полевых наблюдений с теоретическими и лабораторными исследованиями физики очага землетрясения.



## Современные движения земной коры

**АНТОНИО МАРУССИ, профессор [Италия]. Президент Международной ассоциации геодезии с 1967 по 1971 г.**

Международная ассоциация геодезии, основанная в 1863 г., уже отметила свое 100-летие. Очень важно, что именно эта ассоциация внесла свой первый вклад в науки о Земле. Мы — геодезисты были первыми в единении ученых и очень гордимся этим. Научная почва — плодородная почва, на которой всегда произрастают дружба и сотрудничество между людьми. Непосредственная цель, объединившая геодезистов, — триангуляционная съемка Европы и всей Земли в целом. А сегодня благодаря измерениям со спутников мы знаем размеры земного шара с точностью до 10—20 м. В знания о форме Земли искусственные спутники внесли такой прогресс, который превосходит все, что сделано геодезией за предшествующие запуску годы.

Какие проблемы стоят перед геодезистами?

Классическая проблема геодезии — нивелировка остается важной и по сей день. Эта работа связана и с современными движениями и с механизмом возникновения землетрясений...

**Ю. Д. БУЛАНЖЕ, член-корреспондент АН СССР. Президент Международной ассоциации геодезии, избранный на XV ассамблее МГГС.**

До начала XX в. геодезисты считали, что планета не деформируется. Но новые методы и новые инструменты дают возможность изучать динамику земных процессов. А это ставит перед геодезистами непростую задачу — уметь прогнозировать движения любой точки земной поверхности. Каждая точка земной поверхности движется. Конечно, это не значит, что Московский государственный университет мчится со скоростью автомобиля, но 2 раза в сутки это здание поднимается и опускается примерно на 30 см.

Геодезические приборы улавливают чрезвычайно медленные горизонтальные движения земной коры. Казалось бы, смещения в несколько миллиметров (максимум 25 мм в год) — очень небольшая скорость. Но ведь сейчас возводятся сооружения, которые рассчитаны на несколько столетий. Я имею в виду крупные водохранилища и электростанции. Забота о сохранении плотин, выдерживающих нагрузку нескольких кубических километров воды, — это большая ответственность.

Вторая область геодезии — прогноз землетрясений. Последние 5—7 лет многие геодезисты установили зависимость деформаций земной коры от накопления энергии в районе подготовки будущего землетрясения. Именно такие работы вселяют уверенность, что в самое ближайшее время геодезические измерения внесут серьезный вклад в проблему прогноза землетрясений. Можно с полной достоверностью утверждать, что если где-то готовится сильное землетрясение — там геодезические приборы уловят большие деформации.

Третья проблема геодезии — необычайно сложная в техническом отношении — сводится к изучению горизонтальных движений земной коры. В некоторых районах США — в Калифорнии (район разлома Сан-Андреас) наблюдаются большие горизонтальные движения. Данными

геологии такие движения не подтверждались, а геодезических измерений не было. Работы за последние несколько десятилетий выявили очень заметные горизонтальные движения. Пожалуй, первые начинания принадлежат японским коллегам. Правда, замеченные ими движения могли быть связаны и с землетрясением. Однако совсем недавно (2 года назад) в СССР с полной достоверностью установлено сближение двух крупных горных образований: на 20 мм ежегодно сближаются хребты Петра Первого и Гиссарский.

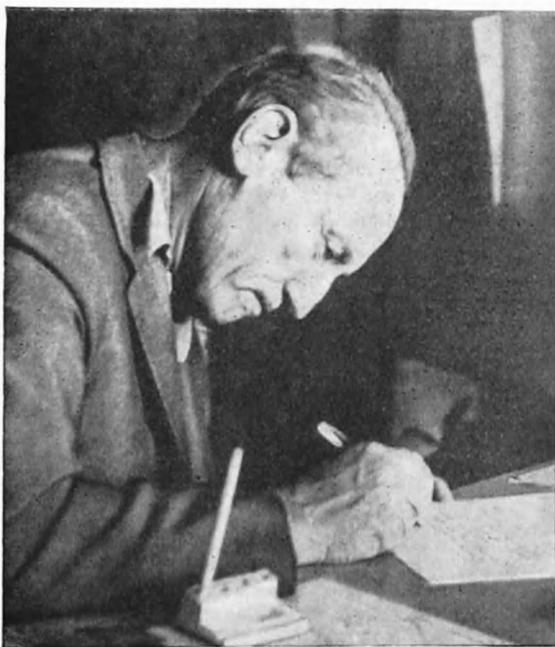
Итак, геодезическими работами установлены как вертикальные, так и горизонтальные движения земной поверхности. Теперь очень важно знать закон этих движений. Для этой цели созданы специальные геодинамические полигоны — их около 40 на всем земном шаре. Именно здесь, на полигонах, уже установлена нерегулярность движений земной коры. Полученный результат имеет огромное научное значение, так как повторные геодезические измерения, которые проводились через десятки лет, базировались на том, что движения земной коры постоянны.

Однако не так просто интерпретировать нерегулярные движения земной коры. И поэтому мы ожидаем серьезных данных от наблюдений на геодинамических полигонах, где повторные комплексные измерения проводятся до 8—10 раз в год.

Можно назвать четвертой задачей геодезии и большим ее достижением построение карты скоростей вертикальных современных движений земной коры. Многолетними усилиями геодезистов разных стран составлена такая карта для Восточной Европы. Она охватывает территорию в 6 млн. км<sup>2</sup>. Взглянув на карту, нетрудно увидеть, что Кавказ поднимается со скоростью 14 мм в год, а Москва опускается со скоростью 2 мм в год и т. д. Однако скорости вертикальных движений не остаются постоянными во времени. Они заметно меняются в районах с активной



*П. Эврар (Бельгия), генеральный секретарь Международной ассоциации вулканологии и химии недр Земли*



*Профессор Г. Тазиев (Франция) пишет отзыв о выставке, организованной Институтом вулканологии АН СССР*

тектоникой. Каков механизм таких изменений? — еще неясно. Я был бы счастлив, если бы мои внуки ответили на этот вопрос.

## Минералогия земных недр



**В. А. МАГНИЦКИЙ**, член-корреспондент АН СССР. Президент Международной ассоциации сейсмологии и физики недр Земли, избранный на XV Генеральной ассамблее МГГС.

П. ЭВРАР: Симпозиум, который больше всего отвечал названию и интересам нашей ассоциации — это «Кислый вулканизм». Здесь особенно большой вклад внес советский Институт вулканологии на Камчатке. Нельзя не поблагодарить камчатских вулканологов за высочайший уровень их докладов.

В последние 10—15 лет возникла новая дисциплина — минералогия земных глубин. Здесь есть огромные достижения. Экспериментально при высоких давлениях и температурах получены и изучены совершенно новые виды минералов, которые не были известны людям. Эти минералы отличаются необычными свойствами: они более плотные, более твердые и часто обладают высокой теплопроводностью. При решении вопроса о составе земного ядра были вычислены теоретические условия существования так называемых металлических модификаций минералов. Таким образом, целый ряд обыкновенных веществ под действием высоких давлений приобретает свойства металлов. Например, фосфор становится металлом при давлении 40 000 атм. Водород в условиях земного ядра тоже приобретает металлические свойства.

Фазовые переходы минералов с изменением объема — один из возможных источников глубоких землетрясений. Внезапные изменения объема при изменении температур или нагрузок могут носить характер взрыва. Есть предположение, что именно этот процесс вызывает землетрясения, возникающие на глубинах от 100 до 700 км, хотя пока это только гипотеза.

## А все-таки, континенты движутся?

Л. КНОПОФ, профессор Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (США).

В 1960 г. член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов на такой же ассамблее в Хельсинки предложил проект изучения мантии Земли до глубин 1000 км. Мы начали осуществлять этот проект в 1963 г. и сейчас на XV ассамблее подводим научные итоги семилетней работы. Я бы хотел прокомментировать не только научные результаты, но и высказать некоторые философские соображения по поводу этого проекта. Когда мы начинали работы по

проекту «Верхняя мантия», мы были представителями самых различных дисциплин: сейсмологии, математики, физики, геологии, геодезии. А теперь каким-то волшебным путем мы стали представителями единой науки о Земле.

Немного о научных результатах этой ассамблеи. Важно то, что любой вопрос был предметом международного обсуждения представителями разных специальностей. Одним из важных результатов, как теперь нам кажется, было возникновение нового направления — тектоники плит. Оно включает в себя дрейф континентов и расширение дна океана. Сущность «тектоники плит» заключается в следующем: верхний слой Земли сложен небольшим числом плит, которые движутся и взаимодействуют. Первое указание на реальность такой модели дало изучение дна океана.

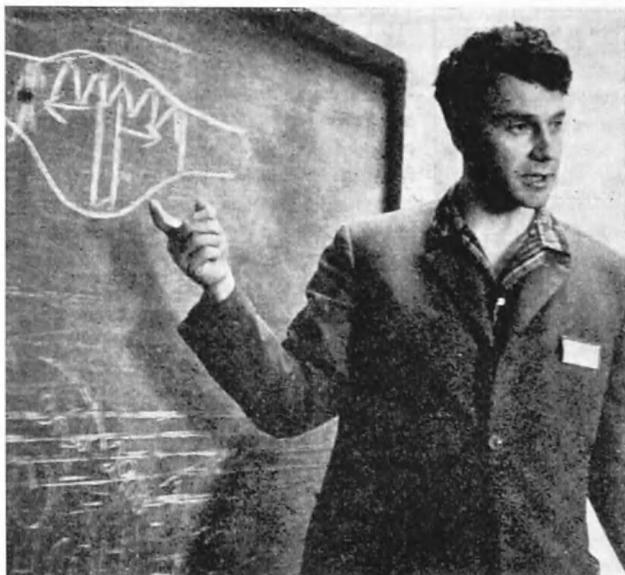
Мы полагаем, что тектонику плит подтверждают и землетрясения. Трение между движущимися плитами, контакт трущихся плит порождает это бедствие. Я не хотел бы употреблять нашумевшего термина «дрейф континентов», ибо тектоника

плит — понятие существенно более широкое. Плита может не включать никакого континента, либо быть значительно больше него.

Второй интересный научный результат и новое направление — минералогия верхней мантии. Сейчас мы понимаем, что строение мантии на глубинах от 400 до 1000 км не такое простое, как представлялось нам раньше. Во многих местах в мантии наблюдаются скачки физических характеристик на двух глубинах — 400 и 600 км. Эти границы в мантии не менее важны, чем известная из сейсмологических наблюдений граница Мохоровичича. Два скачка физических свойств хорошо увязываются с данными о кристаллографической структуре минералов, полученных во время опытов при высоких давлениях и в условиях высокой температуры. Весьма вероятно, что в мантии происходят полиморфные переходы вещества. Дополнительно могу еще сказать о слое пониженной скорости сейсмических волн. Здесь область существования частичного расплава охватывает слой на глубинах 50—200 км. В этой зоне, по-видимому, должна уменьшиться прочность пород и их вязкость. Это — своеобразная податливая подстилка, по которой движутся плиты. Мы не можем пока высказать определенное суждения о составе вещества на таких глубинах.

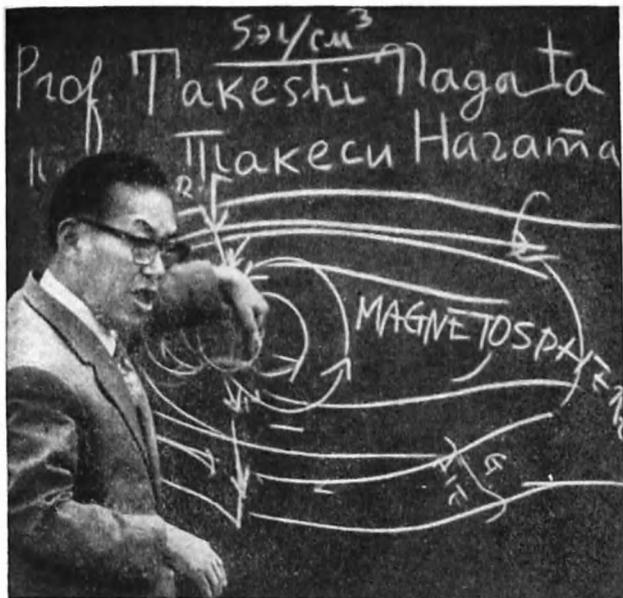
Третье крупное достижение геофизиков, изучавших верхнюю мантию, — то, что пришлось отказаться от привычных и знакомых представлений о ее однородности. Оказалось, что неоднородность мантии продолжается до больших глубин — до слоя пониженных скоростей, по крайней мере. Это дает основание думать, что процессы, порождающие такую неоднородность, лежат глубоко.

Замечательно то, что всякий раз новый вывод дает новые основания для дальнейшего развития теории. Одна из наиболее очевидных проблем, которая возникает сейчас, — кинематика процессов, движущий механизм в мантии. И если можно было бы придумать движущий механизм для горизонтальных движений, то



Е. В. АРТЮШКОВ: Материал земной коры должен стремиться растечься из областей поднятий в области депрессий. Это происходит так же, как растекается слой сливочного масла на воде.

Доктор физико-математических наук Е. В. Артюшков во время обсуждения тектоники литосферных плит



Профессор Т. Нагата (Япония) — президент Международной ассоциации геомагнетизма и аэронауки в 1967—1971 гг. Т. Нагата иллюстрирует свой доклад «Пространственно-временные вариации полярных сияний и связанные с ними явления»



Кандидат физико-математических наук Ч. Виллманн обсуждает проблему происхождения серебристых облаков

Т. НАГАТА ...нынешняя встреча магнитологов отличалась многочисленностью. Она внесла большой вклад в проблему детального изучения геомагнетизма и аэронауки.

значительно труднее придумать механизм для объяснения вертикальных движений. Мое мнение: изучение минералогии верхней мантии плюс теоретические попытки позволят судить о механизме горизонтального перемещения литосферных плит.

Е. В. АРТЮШКОВ, доктор физико-математических наук (Ордена Ленина Институт физики Земли имени О. Ю. Шмидта).

Можно сказать, что в земной коре действительно имеются напряжения, которые приводят к ее подвижкам: на океанах — растягивающие усилия, а в горных районах и островных дугах — сжатия. Откуда же берутся напряжения? По данному вопросу существуют различные точки зрения. Многие ученые считают, что в самой мантии происходит движение вещества по следующей схеме: радиоактивный распад — тепловая энергия — разогрев вещества — его расширение — всплытие — мощные конвективные движения — тепловая конвекция мантии.

Довольно давно было теоретически предсказано существование слоя с пониженной вязкостью в верхней части мантии. Вязкость этого слоя была оценена несколько лет назад. Она оказалась сравнительно небольшой. При деформации горных пород в земной коре создаются напряжения порядка 100 или 1000 кг/см<sup>2</sup>. Однако из-за существования слоя пониженной вязкости взаимодействие коры и мантии оказывается резко ослабленным. Течения в мантии вряд ли могут создавать в коре напряжения, превышающие несколько десятков кг/см<sup>2</sup>.

Недавно выяснилось, что напряжения в земной коре возникают по совершенно иной причине. Благодаря наличию астеносферы, или слоя пониженной вязкости, земная кора «плавает» на мантии. Там, где расположены горы, нижняя граница земной коры погружается в мантию — это «корни» гор. Мощность земной коры в горах может достигать 70—80 км, например в Гималаях. И наоборот, там, где расположены впадины, мантия поднимается, компенсируя недостаток нагрузки, — под океан-

Ч. ВИЛЛМАНН: Мы придерживаемся конденсационной гипотезы происхождения серебристых облаков: частицы пыли метеорного происхождения обволакиваются ледяными оболочками. Эта гипотеза, пожалуй, самый популярный вариант среди ученых. Мы не можем утверждать, что все ясно, но рабочая гипотеза есть.

нами земная кора тонкая, всего 5—6 км.

Сам факт, что материал земной коры должен растекаться из областей поднятий в области депрессий не вызывал сомнений, но никто не рассчитывал, какие при этом возникают напряжения. Расчеты показали неожиданно большие напряжения. Так например, растягивающие напряжения на Памире и Тянь-Шане достигают 2-3 тыс. кг/см<sup>2</sup>. При таких напряжениях, конечно, должны возникнуть деформации земной коры.

Земная кора в горных областях представляет собой сложную мозаи-

ку отдельных блоков. Перераспределение напряжений между блоками сложно и хаотично, но очевидно, что на контактах между блоками напряжения увеличиваются, что и приводит к землетрясениям.

Если действительно существуют большие горизонтальные перемещения литосферных плит, то откуда возникают движущие силы? Очевидно, что напряжения, связанные с неоднородностями мощности земной коры, могли бы, в принципе, создать такие движения. В срединных океанических поднятиях материал земной коры сильно нагрет и обладает по-

тому большой подвижностью. Толкая плиты к континентам, он может обеспечить их горизонтальные смещения. Но в таком случае где-то должно происходить уничтожение материала земной коры, так как площадь поверхности Земли сохраняется неизменной. Многие ученые предполагают, что это происходит в районах островных дуг. Однако прямые доказательства существования такого процесса пока еще отсутствуют.

Материал подготовлен  
Н. П. ЕГОРЕНКО  
Фото И. В. Вайнштейна

## КОНГРЕСС, СБЛИЖАЮЩИЙ ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ НАУКИ



18—24 августа 1971 г. в МГУ проходил XIII Международный конгресс по истории науки. В Москву прибыло свыше 2000 ученых из 41 страны.

Международные конгрессы по истории науки организуются отделением истории науки Международного союза истории и философии науки и проводятся один раз в три года. Первый конгресс состоялся в Париже в 1929 г.

Девиз московского конгресса, как отметил председатель Оргкомитета, директор Института истории естествознания и техники АН СССР академик Б. М. Кедров, может быть сформулирован следующим образом: «знать прошлое, чтобы ориентироваться в настоящем и предвидеть будущее». Это означает, что изучение

прошлого науки не самоцель, а лишь средство для понимания настоящего и предвидения будущего, а само «научное предвидение есть нацеленная на будущее операция настоящего над прошлым». Именно поэтому в работе конгресса, кроме историков науки, приняли активное участие многие крупные советские и зарубежные физики, астрономы, математики, биологи, специалисты в области космических исследований, геофизики, химики.

Во время конгресса работали разнообразные коллоквиумы («Науковедение и история науки», «Личность ученого в истории науки», «100-летие со дня рождения Э. Резерфорда», «75-летие учения о радиоактивности», «Роль логики и методологии науки в историко-научных исследованиях» и другие) и секции («Общие проблемы истории науки и техники», «История физики и астрономии», «История наук о Земле», «История авиационной, ракетной и космической науки и техники» и другие).

Среди огромного числа докладов (свыше 800), прочитанных на пленарных и секционных заседаниях конгресса, было немало таких, которые привлекли особое внимание участников. К таким докладам относится доклад академика Б. М. Кедрова об истории науки и принципах ее разработки, профессора Г. Спборга (США) об истории открытия трансураниевых элементов, академика П. Л. Капицы о роли большого ученого в развитии науки (на примере Э. Резерфорда), академика А. А. Благонравова и кандидата тех-

нических наук В. Н. Сокольского об основных направлениях исследований в области авиации и космонавтики, доктора технических наук К. П. Феоктистова о развитии советских пилотируемых космических кораблей и ряд других докладов. Некоторые из этих докладов опубликованы в посвященном конгрессу специальном выпуске сборника «Вопросы истории естествознания и техники» (№ 36—37, 1971 г.).

На Генеральной ассамблее Международного союза истории и философии науки, состоявшейся в дни работы конгресса, президентом Союза был избран профессор Дж. Нидхен (Англия), а первым вице-президентом — академик Б. М. Кедров. Советский ученый профессор Н. А. Фигуровский избран вице-президентом Международной академии истории науки. Новыми членами этой академии стали советские ученые член-корреспондент АН СССР С. Р. Микунский и профессор И. Г. Башмакова. Известный советский физик академик П. Л. Капица избран Почетным членом академии.

В своей речи, произнесенной на заключительном заседании конгресса, академик Б. М. Кедров отметил, что конгресс, прошедший в атмосфере творческого содружества ученых разных стран, продемонстрировал растущее значение историко-научных исследований, отразил роль этих исследований в планировании и прогнозировании развития современной науки и техники.

XIV Международный конгресс по истории науки намечено провести в августе 1974 г. в Японии.



## Южное отделение Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР

1946 год... Вениамин Григорьевич Богоров и несколько сотрудников Института океанологии знакомятся с Северо-Кавказским побережьем Черного моря. На самолете, шлюпках, автомашинах и пешком обследуют они бухту и заливы. Не может развиваться молодой институт без постоянной экспериментально-методической базы. И должна эта база работать круглый год. Вот почему поиски привели на побережье Черного моря. Облюбовали наконец и место — бухту Рыбацкую, что расположена в 15 км к северо-западу от Геленджика. Обрывистые и живописные берега, широкий песчано-галечный пляж, долина горной реки Ашампэ. Безлюдно. Лишь у западного склона долины, на самом берегу моря приютился единственный рыбацкий домик...

Осенью 1947 г. директор Института океанологии Петр Петрович Ширшов направил в бухту Рыбацкую прибрежно-морскую экспедицию. Начальник экспедиции В. В. Лонгинов, имея автомашину, мотобот и шлюпку, работал со своей группой около года. Жили в палатках на морском берегу. Проведенные за это время исследования подтвердили, что приморская часть долины Ашампэ и бухта Рыбацкая (вскоре ее назвали Голубой) действительно удобное место для научно-исследовательского учреждения. В 1948 г. развернулось строительство. Петр Петрович Ширшов и Иван Дмитриевич Папанин не оставляли без внимания молодую экспериментальную станцию, которой необходимо было обеспечить материальную базу и определить научные



*Общий вид научной станции в Голубой бухте*

задачи. В мае 1949 г. Черноморскую экспериментальную научно-исследовательскую станцию (ЧЭНИС) возглавил профессор Д. А. Сабинин. И несмотря на то, что из 14 человек штата только трое научных сотрудников, задачи перед ЧЭНИС были поставлены весьма серьезные: во-первых, исследовать процессы динамики разрушения морских берегов, чтобы в ближайшем будущем выработать рекомендации по предотвращению их размыва; во-вторых, наладить эксперименты по гидробиологии, гидрохимии и гидрометеорологии. Нелегко бы пришлось вначале, если бы здесь же в Голубой бухте не базировалась крупная комплексная Черноморская экспедиция во главе с В. П. Зенковичем. Помощь участников этой экспедиции — сотрудников Института океанологии: профессора Т. Ф. Щаповой, В. Б. Штокмана, В. В. Лонгинова и других — немало способствовала становлению ЧЭНИС. Год за годом разрасталась научная станция, заселялась Голубая бухта. В 1950 г. у скромного причала уже ошвартовывались сейнер «Форель» и мотобот «Дооб», уже работала электростанция, выросло пять каменных коттеджей.

Много труда и энергии вложил в создание и развитие ЧЭНИС ее первый директор Д. А. Сабинин, но 22 апреля 1951 г. его жизнь трагически оборвалась... Отечественная биология понесла большую утрату.

Шло время, на ЧЭНИС в 1953 г. была защищена первая кандидатская диссертация. Ее автор — Е. Н. Егоров был назначен директором, а заместитель директора Института океанологии Н. Н. Сысоев стал куратором станции. Это были годы, когда станция мужала: развивалась и расширялась научная тематика и требовала людей, приборов, новых методов, лабораторий и судов. К 1956 г. на ЧЭНИС уже сформировалось шесть тематических групп: динамики моря, древоточцев и обрастаний, гидрохимии, гидрологии, сейсмоакустики и морской электроники. Для изучения динамики берегов был построен волновой лоток. В прибрежной зоне моря работали водолазы во главе с А. Т. Волынцевым.

Прошло 5 лет. Штат станции укомплектован молодыми специалистами. В научной тематике возникли новые направления: геоморфология и литология, геохимия и механический анализ морских осадков, морская гидрооптика.

В воды Голубой бухты шагнул специально построенный пирс, с которого в 1959 г. провожали научно-исследовательское судно «Академик С. Вавилов» в дальний рейс по Средиземному морю. А сегодня в этом море завершены 16 рейсов и получена всесторонняя океанографическая характеристика Средиземноморского бассейна, в которой подробно освещаются гидрологический и гидрохимический режимы этого бассейна, его геоморфология и геотектоника.

К 1960 г. существенно увеличилось население Голубой бухты. Из 100 человек половину составляли научные сотрудники и лаборанты. На счету уже четыре кандидатские диссертации. Там, где прежде сушились рыбацкие сети и расстилались ковры весенних цветов, выросли жилые корпуса, мастерские, лаборатории.

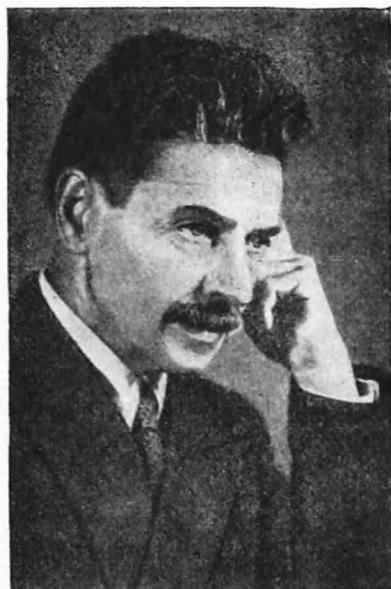
Несмотря на то, что ЧЭНИС самостоятельно выполняла задачу комплексного океанографического исследования Средиземного моря, она оставалась главной экспериментально-методической базой Института океанологии. Каждый год станция обеспечивала до 20 экспедиций института.

В 1961—1965 гг. ЧЭНИС руководил Л. М. Фомин, в 1965—1970 гг. — И. М. Овчинников. Весомыми стали научные достижения, неуклонно влекло молодых ученых на станцию, она стала многолюдной. И вот в сентябре 1967 г. Черноморская научно-исследовательская станция Постановлением Президиума АН СССР преобразуется в Южное отделение Института океанологии имени П. П. Ширшова. Создаются крупные лаборатории: морских течений (Л. М. Фомин), геологии южных морей (В. П. Гончаров), подводных экспериментов (Н. А. Айбулатов, затем В. П. Николаев).

Южное отделение Института океанологии недавно отметило свое 20-летие. К этому времени в отделении работало около 200 сотрудников, среди которых 11 кандидатов наук.



*Известный исследователь Арктики, основатель Черноморской экспериментальной научно-исследовательской станции академик Петр Петрович Ширшов (1905—1953)*



*Первый директор Черноморской экспериментальной научно-исследовательской станции Д. А. Сабинин (1889—1951)*

Это позволяет судить о росте бывшей ЧЭНИС.

Если же перечислять работы, впервые начатые на берегах Голубой бухты и завершённые здесь, то понадобится много страниц... Однако есть исследования, без которых не получится рассказа о ЧЭНИС. Это, прежде всего, изучение морских берегов. В течение многих лет Н. А. Айбулатов, В. Л. Болдырев и другие сотрудники совместно с Институтом органической химии АН СССР имени Н. Д. Зелинского и Отделом берегов Института океанологии АН СССР разрабатывали оригинальную комплексную методику изучения процессов перемещения материала в море с помощью люминофоров. Этот метод был взят на вооружение различными организациями СССР, США, Франции, Англии, Польши, КНР и других стран. Работа с люминофорами экспонировалась на ВДНХ и была отмечена Большой серебряной медалью. С помощью разработанного метода впервые в морской науке были получены экспериментальные данные о трассах, скоростях и объёмах перемещающихся масс песка, на несколько десятков километров прослежено движение песчаного материала в условиях сложно расчлененного берега (мысы, гирла, устья рек).

В этот же период в волновом лотке проводились исследования процессов деформации волн над песчаным склоном и закономерностей образования и развития донной ряби. Береговиками Е. Н. Егоровым и Л. Г. Галановым в 60-х годах получены интересные данные о строении кавказских каньонов.

Нельзя не упомянуть и об изучении течений силами ЧЭНИС. Здесь разрабатывались и внедрялись новые приборы. Начали испытываться новые образцы советских буйковых станций для автономной регистрации течений, и под руководством Н. Н. Сысоева совершенствовалась методика работы с ними на больших глубинах. Одновременно (в середине 50-х годов) развивается электромагнитный метод измерения поверхностных течений на ходу судна (ЭМИТ). Горячим сторонником новых методов и внедрения новой аппаратуры в практику океано-

логических исследований был А. А. Висневский, возглавлявший в ту пору гидрологическую группу Черноморской станции.

С 1959 г. группа гидрологов изучает структуру вод и течения Средиземного моря. Обобщение сведений, собранных в экспедициях на НИС «Академик С. Вавилов», с данными других экспедиций позволило коллективу авторов под руководством И. М. Овчинникова составить общую гидрологическую характеристику режима вод Средиземного моря. На картах течений для зимы и лета были отчетливо прослежены Северо-Африканское течение, переносящее атлантические воды от Гибралтарского пролива до берегов Ближнего Востока, и Левантийское противотечение, которое переносит восточно-средиземноморские воды в промежуточных слоях моря на участке от острова Мальта до Гибралтарского пролива. Теоретическими исследованиями было установлено, что течения в Средиземном море имеют в основном ветровую природу, влияние же температуры и солёности существенно меньше.

В последние годы в лаборатории морских течений много внимания уделяется изучению влияния рельефа дна на течения и исследованию их вертикальной структуры и условий формирования глубинных противотечений (Л. М. Фомин, В. Б. Титов).

Огромное значение в исследовании вертикальной структуры течений имеют работы, выполненные Южным отделением на экспериментальном полигоне в тропической зоне Северной Атлантики совместно с другими океанографическими учреждениями Советского Союза в феврале—сентябре 1970 г. По объёму выполненных измерений на этом полигоне экспедиция не имеет себе равных в мировой науке\*. Уже предварительный анализ материалов (Л. М. Фомин) дал результаты, заставляющие пересмотреть некоторые устоявшиеся представления о физических явлениях в океане\*.

\* Л. М. Бреховских, К. Н. Федоров. Полигон-70. Эксперимент в океане. «Земля и Вселенная», № 3, 1971 г.



*Заместитель директора Института океанологии Н. Н. Сысоев (1909—1964)*



*Во внедрении новых методов и аппаратуры в практику океанологических исследований большая заслуга принадлежит А. А. Висневскому (1930—1964), который во второй половине 50-х годов возглавлял гидрологическую группу Черноморской станции*

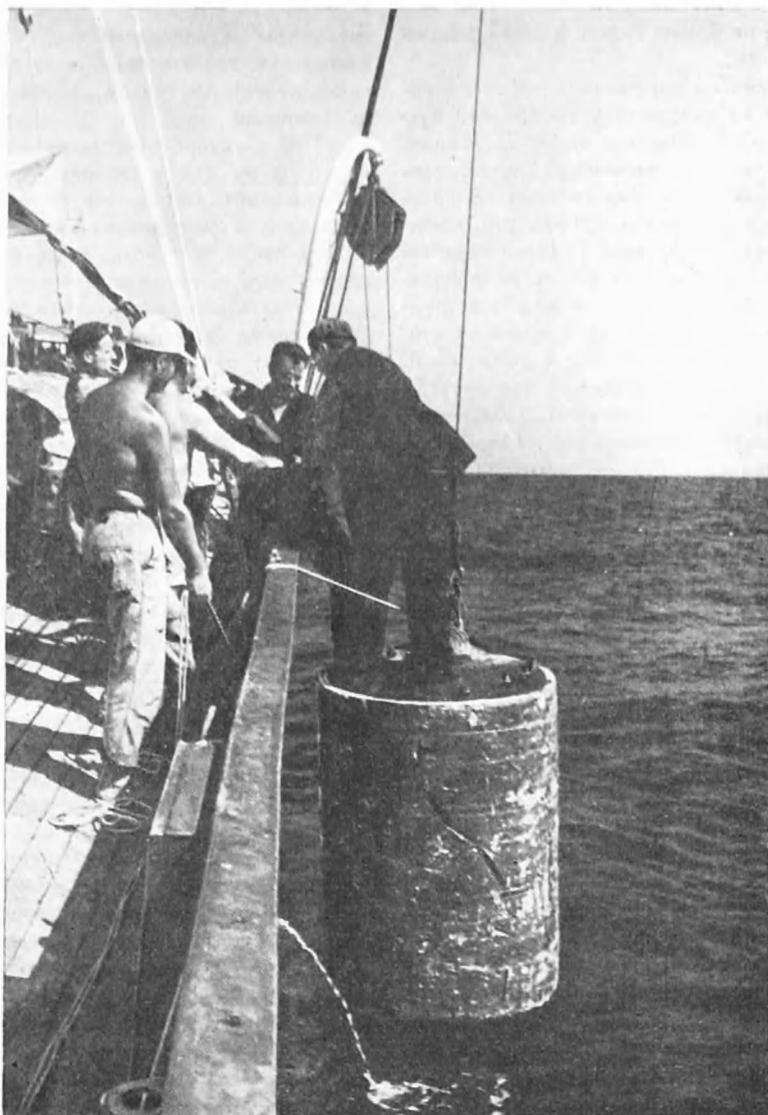
Геологические исследования Черного моря начались в Южном отделении в 1956 г. по инициативе Н. Н. Сысоева. В 60-х годах были закончены батиметрическая съемка и сейсмическое зондирование, что послужило основой для составления новых батиметрической и геоморфологической карт Черного моря (В. П. Гончаров). На новой карте появились ранее не известные структуры (например, хребет Архангельского). По материалам многих рейсов НИС «Академик С. Вавилов» была составлена также новая карта и для Средиземного моря (Л. А. Затонский, В. П. Гончаров, О. В. Михайлов). Много внимания геологи отделения уделяют современному осадкообразованию в Черном и Средиземном морях. Литологами воссозданы палеогеографические картины Средиземноморья и Черного моря (К. И. Шимкус, Э. С. Тримонис). Геохимики (В. А. Севастьянов) раскрыли механизм образования железо-марганцевых конкреций.

С первых лет существования Черноморской станции ее сотрудники занимались гидрооптическими исследованиями (В. П. Николаев, Н. В. Вершинский). Для этих работ был специально изготовлен понтон-катамаран. В 60-е годы была разработана и изготовлена большая серия приборов: несколько моделей прозрачномеров для измерений с больших и малых судов, серия погружаемых флюориметров, комплекты аппаратуры для измерений углового распределения подводного светового поля, портативные фотоэлектрические мутномеры и т. д.

В начале 1967 г. ученый совет Института океанологии АН СССР по предложению директора Института профессора А. С. Моница принял решение о развитии подводных океанологических исследований на базе Южного отделения с использованием обитаемых лабораторий. С этого начался марш «Черномора»\*.

\* П. А. Боровиков, В. П. Бровко, А. М. Подражанский, Г. А. Стефанов, В. С. Ястребов. Счастливых погружений! «Земля и Вселенная», № 5, 1970 г.

Н. А. Айбулатов, В. П. Николаев, И. М. Овчинников. «Черномор» служит океанологам. Там же.

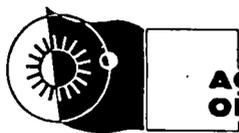


*Спуск на воду автоматического буя*

В ближайшие годы еще больший размах получат подводные исследования. Их основная цель — покорение океанских глубин. Будут разрабатываться экспериментальные работы во вновь создаваемой гидрофизической обсерватории, руководство которой возложено на директора Южного отделения В. Б. Вайсбанда. В предстоящем пятилетии Южное от-

деление Института океанологии АН СССР примет участие в исследовании Средиземного моря по международной программе, а также в организации и проведении океанических экспедиций по национальной программе.

**Н. А. АЙБУЛАТОВ**  
кандидат геолого-минералогических наук  
**И. М. ОВЧИННИКОВ**  
кандидат географических наук



## **Астрономию — в типовые планы университетов**

В четвертом номере журнала «Земля и Вселенная» за 1969 г. опубликована статья председателя Совета по подготовке астрономических кадров при Астросовете АН СССР профессора Н. П. Грушинского, посвященная проблеме астрономического образования. Основные положения этой статьи не вызывают возражений. И все же хотелось бы заметить, что из поля зрения ее автора выпал один немаловажный вопрос астрономического образования.

Автор статьи справедливо указывает, что в средней школе на изучение астрономии отводится неоправданно малое число часов. Каждый астроном с этим, конечно, согласится. Однако нельзя забывать, что сейчас все чаще раздаются настоячивые требования о необходимости эстетического образования, обучения школьников основам правоведения, более глубокого изучения техники и т. д. Против этого тоже трудно возразить. Но где взять время, без которого невозможно расширить существующие учебные предметы или ввести новые?

В настоящее время (и, наверное, так останется в дальнейшем) астрономию в школе преподают, как правило, не специалисты-астрономы, а учителя физики или математики. Следовательно, качество обучения школьников определяется в основном астрономической квалификацией преподавателя этих дисциплин.

Как же подготовлен учитель физики и математики для преподавания астрономии? Типовой учебный план педагогических институтов отводит на изучение астрономии для физиков 108 часов (в проекте нового учебного плана 120 часов), для ма-

тематиков — 80 часов. Даже при очень хорошей постановке преподавания такой объем курса можно лишь весьма условно считать достаточным для будущего учителя астрономии.

В последнее время наметилась новая тенденция. Ежегодно несколько периферийных педагогических институтов преобразуют в университеты. Этот факт сам по себе отрадный. Учителями школы станут выпускники университетов, что, несомненно, приведет к повышению научного уровня преподавания и физики, и математики... Но, к сожалению, не астрономии. И вот почему.

В действующем типовом учебном плане университетов астрономия как обязательная дисциплина не сохранилась для физиков и математиков. Только в примечании к учебному плану есть указание на то, что студенты-физики, подготавливаемые для педагогической деятельности, изучают курс астрономии в объеме 70 часов (вместо 108 в педагогических институтах) за счет времени, отводимого на специализацию. Но нельзя с полной уверенностью утверждать, что студент после окончания университета пойдет именно на педагогическую работу. А тогда нет основания требовать, чтобы он изучал астрономию! Еще хуже положение у математиков. Астрономия здесь тоже фигурирует лишь в примечании к учебному плану в качестве одного из естественно-научных курсов по выбору, наряду с химией, биологией и т. д. Курс астрономии в такой ситуации могут и не предложить студенту, а если и предложат, то не всякий студент выберет его. О каком-либо регламенте часов, отводимых на

астрономию в этом случае, нет, естественно, никаких упоминаний.

Значит через несколько лет, когда в старших классах средней школы будут преподавать физику и математику выпускники университетов, астрономию в школах придется доверить людям, вообще ее не изучавшим или почти не изучавшим, а потому знающим предмет только в объеме школьного учебника!

Необходимо оговориться, что здесь мы рассматриваем только чисто педагогический аспект проблемы. Можно было бы немало сказать и о пользе изучения астрономии для будущих физиков и математиков, которые не собираются стать в дальнейшем учителями средних школ. Но это — самостоятельный большой вопрос (см. например статью И. С. Шкловского «Размышления об астрономии, ее взаимосвязи с физикой и технологией и влияние на современную культуру». «Вопросы философии», № 5, 1969 г.).

Сложившаяся ситуация представляется более чем странной, так как остается в силе приказ Министерства высшего образования от 29 августа 1960 г., предписывающий введение в учебные планы университетов по факультетам физико-математического профиля преподавание общего курса астрономии. На практике же астрономия из учебных планов постепенно вытеснилась и, по существу, незаметно перешла в ряд факультативных дисциплин.

Пришло время вернуть астрономии ее законное место в учебных планах физико-математических специальностей университетов. Иначе резко снизится уровень преподавания астрономии в школе, а следовательно, и подготовка астрономических кадров. Видимо, возглавить борьбу за решение этой задачи должны Астрономический совет АН СССР и Всесоюзное астрономо-геодезическое общество.

**Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ**

член-корреспондент АПН СССР  
профессор МГУ

**В. В. АРСЕНТЬЕВ**  
преподаватель Университета дружбы  
народов имени Патриса Лумумбы

## Новый учебник астрономии в ГДР

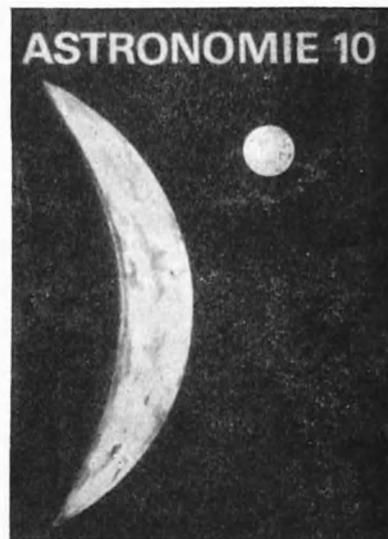
Как уже известно нашим читателям, в школах ГДР начиная с 1971/72 учебного года преподают астрономию по новой программе («Земля и Вселенная», № 1, 1971 г., стр. 24).

В соответствии с этой программой в 1971 г. издан учебник по астрономии для 10 класса, подготовленный коллективом астрономов и методистов (Г. Бёрнхард, О. Гюнтер, К. Линдер, К. Штайнерт, Е. Штир). Выходу в свет учебника предшествовала организованная журналом «Астрономия в школе» дискуссия о том, каким должен быть учебник по астрономии.

Едва ли нужно доказывать, что хороший учебник — одна из важнейших предпосылок успешного преподавания астрономии в средней школе. Нашим немецким коллегам удалось создать учебник оригинальный во многих отношениях. Учитывая сходство учебных программ по астрономии в ГДР и СССР, интересно познакомиться с основными особенностями нового учебника для немецких школ.

Прежде всего, обращает на себя внимание продуманность системы подачи учебного материала, обеспечивающая достаточно большую активность учащихся. Это достигается и расположением материала, и использованием различных шрифтов, и выделением текста для обязательного усвоения, и, наконец, самой структурой учебника, заставляющей ученика то и дело отвечать на вопросы и решать задачи. Из 144 страниц учебника менее 100 содержат текст и около 120 иллюстраций (фотографии, рисунки, портреты, чертежи и графики), а остальные 44 страницы отведены под всевозможные задания, упражнения, подробные указания для самостоятельных наблюдений (указания выполнены в виде «рабочих тетрадей» школьников), справочные таблицы.

Авторы учебника считают, что «словесно» школьникам нужно сооб-



щить минимум знаний, а общее представление об астрономии учащиеся должны получить путем самостоятельной работы. Поэтому учебник написан очень лаконично, лаконичнее чем советский учебник (может быть, даже излишне кратко!). Это еще одна существенная особенность учебника.

В книге всего две главы — «Планетная система» («Земля как небесное тело», «Луна», «Планетная система» и «Развитие представлений о планетной системе») и «Астрофизика и звездная астрономия» («Солнце», «Звезды», «Галактика и внегалактические системы»). Учебник открывается кратким «Введением в астрономию» и завершается «Заключительным обзором». Каждый параграф учебника начинается с «заставки», представляющей собой иллюстрацию и несколько строчек текста, напечатанного специально подобранным шрифтом. Например, «Введение» предшествует изображению первого советского искусственного спутника Земли и надпись: «Запуск первого искусственного спутника

Земли 4 октября 1957 г. был огромным успехом ученых, инженеров, техников и рабочих первого социалистического государства. С этим выдающимся научно-техническим достижением связано вступление астрономической науки в новую эпоху. Астрономические знания относятся к основам общего образования людей социалистического общества».

В учебнике на достаточно высоком научном уровне изложены современные сведения о природе небесных тел (включая новые данные о планетах, результаты анализа лунного грунта, сведения о квазарах и т. п.). Этот материал обычно вызывает у школьников большой интерес. Тщательно продумана система изложения вопросов сферической и практической астрономии. Им посвящено немного страниц, но их изучение позволит школьникам познакомиться с небесными координатами, простейшими способами ориентировки и т. д.

Авторы не только сообщают те или иные результаты астрономических исследований, но и стремятся



познакомить учащихся с методами, которые позволили получить эти результаты. Однако чрезмерная краткость изложения приводит к тому, что в большинстве случаев методы

исследований лишь упоминаются, а не разъясняются. Едва ли этого достаточно для глубокого понимания учебного материала. Заметим, что авторам все-таки не удалось избежать излишних повторений: например, сведения по истории астрономии можно было бы изложить более компактно. Исключать их, конечно, не следует, так как материал по истории астрономии, а также содержащиеся в учебнике довольно многочисленные обобщения философского и атеистического характера играют важную роль в формировании диалектико-материалистического мировоззрения учащихся.

В небольшой заметке трудно проанализировать учебник, но, по-видимому, даже из того, что о нем удалось здесь рассказать, можно заключить: издание в ГДР нового учебника — значительный вклад в дело совершенствования преподавания астрономии в средней школе.

**Е. П. ЛЕВИТАН**  
кандидат педагогических наук

## НОВЫЕ КНИГИ

### КОСМОС СЛУЖИТ ЛЮДЯМ

В 1971 г. издательство «Машиностроение» выпустило книгу А. Д. Ковалева, Г. Р. Успенского и В. П. Яснова «Космос — человеку».

Книга, предназначенная широким кругам читателей, рассказывает о значении космических исследований для настоящего и будущего человечества, для развития метеорологии, сельского и лесного хозяйства, геологии, гидрологии, океанологии, навигации, связи, транспорта, образования, культуры и здравоохранения.

Авторы показывают, как развитие космонавтики способствует объединению людей, улучшает взаимопонимание, укрепляет международные связи.

## УЧЕБНИК ПО АСТРОФИЗИКЕ

Вышло в свет второе издание книги профессора Д. Я. Мартынова «Курс общей астрофизики» («Наука», 1971 г.) — учебник для студентов университетов, специализирующихся по астрономии.

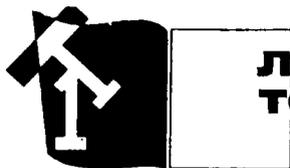
Главы книги — «Солнце», «Звездные атмосферы», «Двойные звезды и массы звезд», «Внутреннее строение звезд», «Нестационарные звезды», «Диффузная материя в пространстве», «Галактики и Метагалактика», «Планеты и их спутники», «Кометы и малые тела Солнечной системы» — охватывают все основные разделы современной астрофизики.

Второе издание переработано и дополнено. В связи с данными космических наблюдений и экспериментов особенно много нового материала внесено в параграфы, посвященные Луне и планетам. Объем книги значительно увеличился.

## КАК ВЗВЕШИВАЮТ НЕБЕСНЫЕ ТЕЛА

Этому вопросу посвящена одна из глав книги Ф. С. Завельского «Взвешивание миров, атомов и элементарных частиц» (Атомиздат, 1970). «Мне показалось интересным, — пишет автор, — сделать разрез мира по одному из его существенных параметров, а именно по массе, и таким образом показать развитие некоторых физических идей. Это первый аспект книги. Второй заключается в рассмотрении переплетения прогрессивного научного и технического — физических идей и методов измерений. Такое рассмотрение хотя бы в некоторой мере показывает, откуда берутся наши знания».

В доступной форме книга рассказывает о методах определения массы Земли, Луны, планет, Солнца, звезд и галактик.



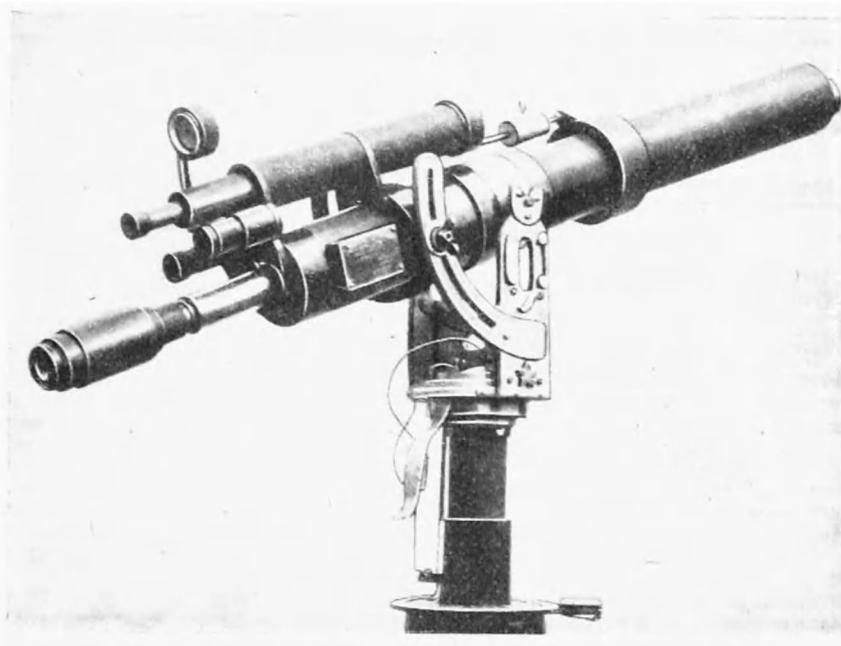
Любитель астрономии, имеющий в своем распоряжении отдельные линзы или системы линз, может сделать из них окуляр и объектив телескопа. Как построить телескоп-рефрактор, мы уже рассказывали («Земля и Вселенная», № 1, 1966 г., стр. 84). Познакомьтесь с полезным опытом работы еще одного телескопостроителя Александра Казимировича Клейна из города Клинцы Брянской области.

## Самодельный телескоп-рефрактор

В 1967 г. я построил телескоп и вот уже четвертый год наблюдаю в него Луну, Юпитер с четырьмя галилеевыми спутниками, кольца Сатурна и многие другие интересные небесные объекты.

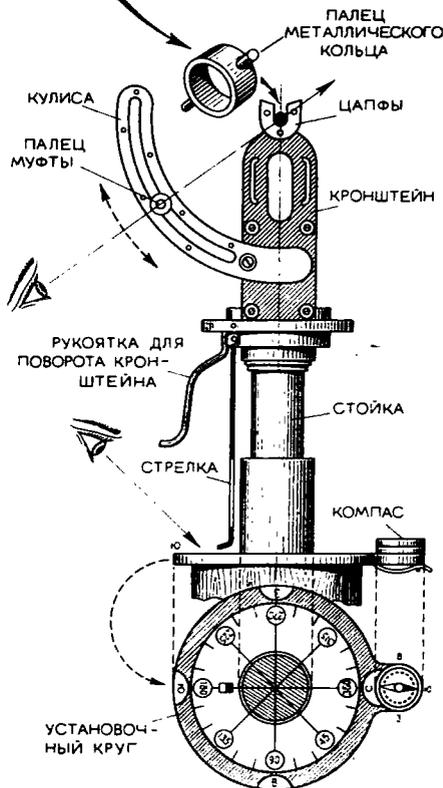
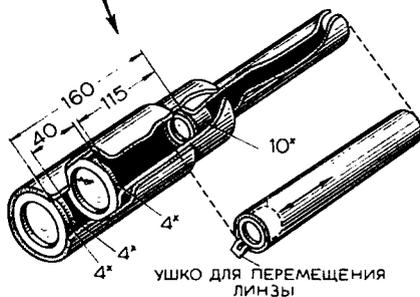
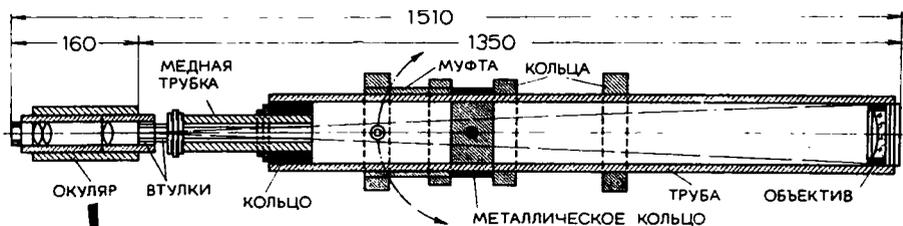
**ОБЪЕКТИВ** телескопа — ахроматический. Его диаметр 81 мм, фокусное расстояние 1350 мм. Объектив с оправой ввинчивается в кольцо, которое вставляется в трубу телескопа.

**ОКУЛЯР** телескопа собран из четырех линз. Две 4-кратные линзы в оправе я расположил вплотную одна к другой. На расстоянии 40 мм от них находится еще одна 4-кратная линза и, наконец, в 115 мм от нее — передвигная линза с 10-кратным увеличением. Она имеет оправу с гибким стальным ушком, с помощью которого может свободно перемещаться в медной трубке. Чем дальше эта линза от 4-кратной, тем больше увеличение телескопа. Такое сочетание линз в окуляре дает прямое (не перевер-



*Телескоп-рефрактор с диаметром объектива 81 мм, построенный автором статьи. Установка телескопа — азимутальная*

## Устройство отдельных узлов телескопа-рефрактора



нута) изображение небесных объектов\*.

ТРУБА телескопа изготовлена из ватмана. В один ее конец вставлено металлическое кольцо с оправой объектива. Чтобы на другом конце укрепить в трубе медную трубку окуляра, я сделал из ватмана кольцо и, покрыв его густым столярным клеем, вогнал внутрь трубы. В отверстие этого кольца плотно, без перекосов, вставлена на клею медная трубка. На другой ее конец насажена передвижная втулка с ограничительным кольцом и 10-кратной линзой внутри. На втулку также туго насажена другая, более длинная втулка с ограничительным кольцом и 4-кратной линзой. На эту втулку насажена еще одна с двумя 4-кратными линзами. Все втулки и ограничительные кольца внутри окрашены черной тушью.

УСТАНОВКА телескопа — азимутальная. Ее устройство понятно из чертежа. В цапфы кронштейна, сделанного из многослойной фанеры толщиной 10 мм, уложены пальцы металлического кольца, укрепленного на трубе телескопа. Плавно и равномерно поворачивая кронштейн за рукоятку, можно следить в телескоп за движением небесных светил. Обе стойки кронштейна с цапфами соединены деревянной деталью, которая

сверху и снизу имеет железные прокладки. Металлические прокладки толщиной 1,5 мм есть и в цапфах.

Закрепить трубу телескопа под любым углом к горизонту позволяет кулиса кронштейна. Она находится на правой стойке кронштейна (если смотреть со стороны окуляра). В прорези кулисы перемещается палец от муфты, которая укреплена на трубе телескопа рядом с металлическим кольцом. На палец накручен закрепительный барашек с шайбой.

Муфта с высокими кольцевыми бортами склеена из ватмана. Помимо муфты и металлического кольца на трубу надеты с клеем еще два кольца из ватмана: одно — вплотную к металлическому кольцу, другое — на расстоянии 140 мм от него. Кольца оклеены ледерином, а их боковые стороны окрашены краской и покрыты лаком.

К боковым сторонам колец и бортам муфты я прикрепил шурупами небольшие рычажки, выпиленные лобзиком из 5-миллиметровой многослойной фанеры. На концах рычаж-

ков сделал отверстия, в которые продел металлический прут с резьбой для гаек, прижимающих каждый рычажок с двух сторон. На пруте поместил передвижной груз — противовес со стопорным винтом.

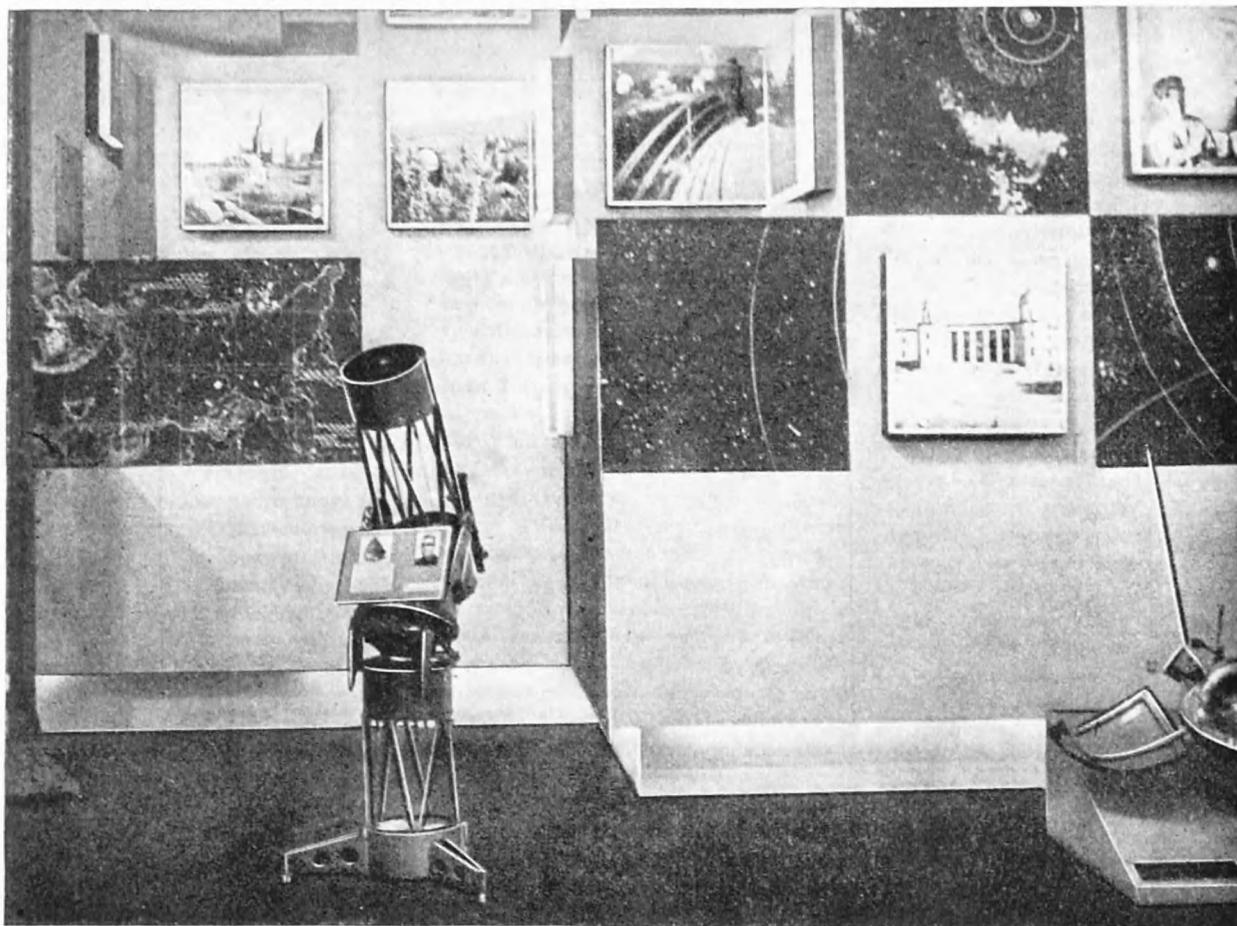
УСТАНОВОЧНЫЙ КРУГ и компас, жестко соединенные между собой, помогают определить, в какой части света над горизонтом мы наблюдаем светило. Как и на компасе, на круге указаны направления стран света и градусные обозначения. Круг свободно надевается на стойку, а его стрелка крепится к кронштейну.

\* Для астрономических наблюдений применение обращенной системы невыгодно из-за лишних потерь света в линзах, поэтому можно вынуть из окуляра одну 4-кратную линзу. (Прим. ред.)



На советской торгово-промышленной выставке в Париже (июль 1970 г.) в разделе «Астрономия в СССР» экспонировались три телескопа, изготовленные членами Всесоюзного астрономо-геодезического общества А. Н. Подъяпольским, С. К. Савиным и А. С. Фоминым. Создатель одного из телескопов инженер Алексей Николаевич Подъяпольский рассказывает о своем рефлекторе.

## Универсальный телескоп-рефлектор



*Телескоп А. Н. Подъяпольского в зале выставки*

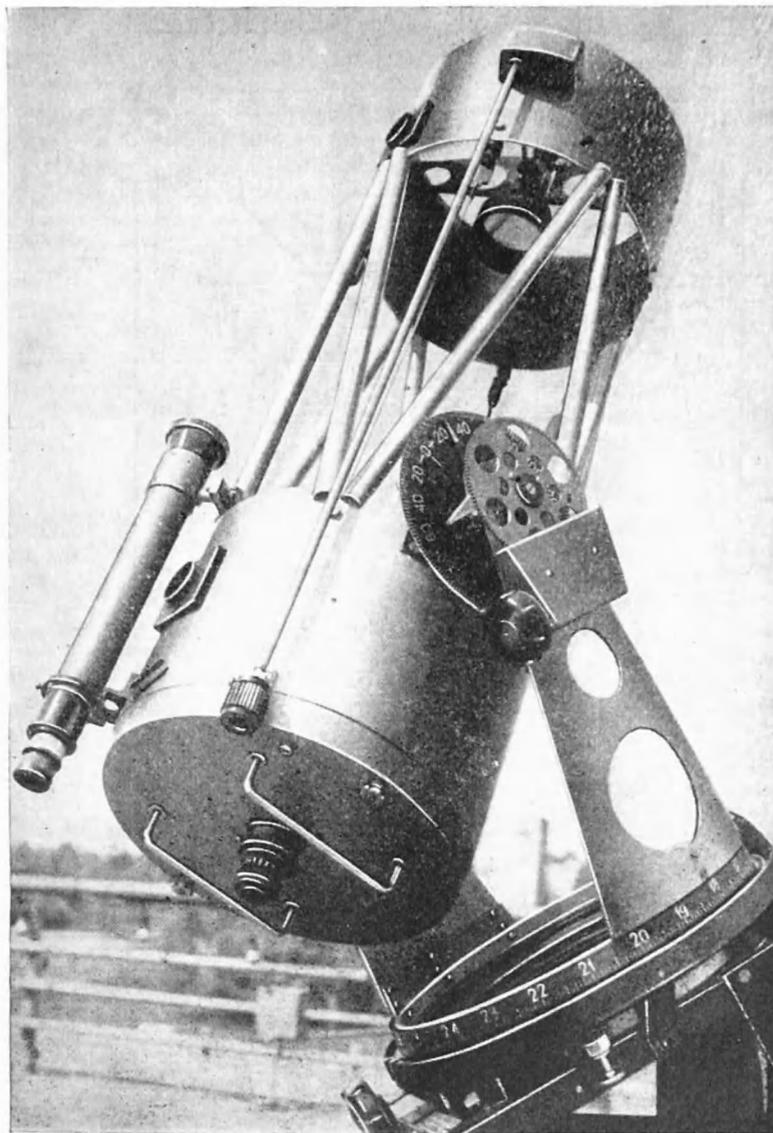
УПТР-10 — универсальный переносной телескоп-рефлектор с диаметром главного зеркала 10 дюймов (250 мм). Универсальным он назван потому, что в его конструкции предусмотрены три оптические схемы: Ньютона, Кассегрена и Кассегрена — Нэсмита. Если астрономические наблюдения требуют большой светосилы (порядка 1:4), используется система Ньютона. Если же нужны большие увеличения, например при наблюдении Луны и планет, применяется система Кассегрена. Наблюдения в околополярной области удобнее проводить в системе Кассегрена — Нэсмита.

Телескоп в течение нескольких минут можно разобрать, упаковать в ящик, пригодный для перевозки. Вес инструмента в ящике около 90 кг. Чтобы собрать и отрегулировать телескоп, требуется около получаса. Таким образом, этот рефлектор очень удобен для работы в экспедиционных условиях, тем более что можно регулировать в пределах  $\pm 4^\circ$  положение полярной оси телескопа по азимуту и, в зависимости от широты места наблюдения, изменять ее наклон.

УПТР-10 — третий телескоп, построенный автором статьи. Первый был рефрактор из очковых стекол. Когда удалось раздобыть старую трубку теодолита, рефрактор получил новый более мощный объектив. Увлечшись книгами М. С. Навашина по телескопостроению, автор отшлифовал и отполировал 105-миллиметровое зеркало и построил телескоп системы Ньютона. Впоследствии рефлектор работал в Московском дворце пионеров и школьников.

Естественно, что после первого успеха автор захотел построить более совершенный инструмент. Немало времени ушло на розыски некондиционных оптических дисков, а также механических деталей и узлов, которые можно было бы использовать для постройки телескопа.

Заготовкой для главного зеркала послужил типовой иллюминаторный диск из стекла, а для вспомогательного выпуклого зеркала, которое применяется в системе Кассегрена и Кассегрена — Нэсмита, — витринное стекло толщиной 10 мм. Зеркала



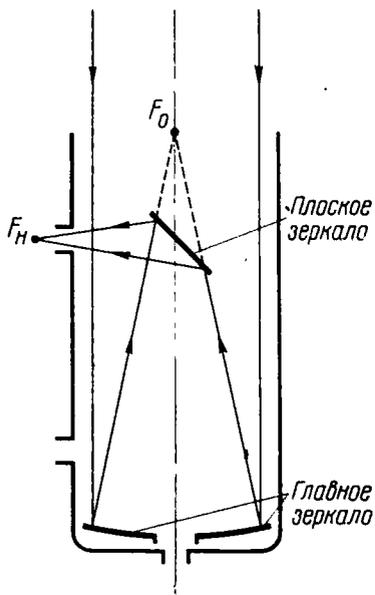
*Главная труба телескопа УПТР-10. Оптические характеристики инструмента: действующий диаметр главного зеркала 246 мм; светосила 1:4; фокусное расстояние в системе Ньютона 980 мм, в системе Кассегрена и Кассегрена — Нэсмита 2500 мм. Пять окуляров телескопа позволяют получить увеличения 70, 210, 350 и 500 $\times$*

шлифовались и полировались на модельном станочке, собранном из обрезков металла. Плоские вспомогательные зеркала для системы Ньютона и Кассегрена — Нэсмита удалось найти готовые, но, в случае необхо-

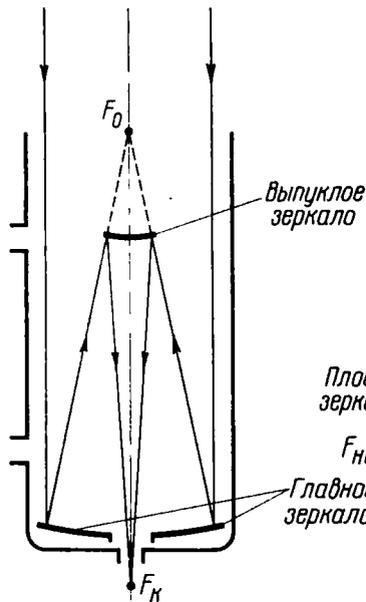
димости, их можно также сделать любительскими средствами.

Труба телескопа каркасная. Нижняя ее часть, где установлено главное зеркало, и верхняя, в которой находятся вспомогательные зеркала, —

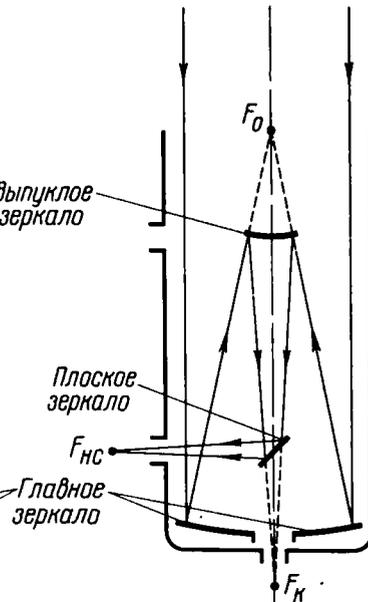
Система Ньютона



Система Кассегрена



Система Кассегрена-Нэзмита



Оптические схемы, используемые в телескопе А. Н. Подъяпольского



Основные узлы телескопа. Разобрать телескоп можно за 5—6 минут, а собрать и подготовить к работе за 15—20 минут

сплошные. Эти части трубы сделаны из толстостенных алюминиевых кассет и между собой соединены в распор алюминиевыми (дюралюминиевыми) трубками и стянуты стальной проволокой.

Монтировка телескопа вилочная. «Перья» вилки изготовлены из толстого листового алюминия. Им придана цилиндрическая форма, обеспечивающая необходимую жесткость. Традиционная массивная полярная (часовая) ось с двумя опорами заменена роликовым подшипником качения диаметром 300 мм. Благодаря этому монтировка получилась очень компактной и вполне устойчивой. Для работы с телескопом достаточно площадка размером всего 4—5 м<sup>2</sup>.

Колонна штатива по конструкции схожа с главной трубой телескопа. Установлена колонна на трех съемных ножках, высоту которых можно регулировать.

Несколько слов о работе с телескопом. Навести телескоп на яркие объекты помогает искатель с полем зрения 4°. Грубую наводку можно подправить ручками микрометричного движения. Если объект слабый и

искатель не виден, то направить на него телескоп можно, пользуясь разделенными кругами, которыми снабжены часовая ось и ось склонений. Установленный на телескопе электромеханический привод часовой оси обеспечивает в течение 30 минут достаточно точное ведение телескопа за небесным объектом.

Телескоп можно использовать не

только для визуальных, но и фотографических наблюдений. Окулярный узел телескопа легко снимается и на его место укрепляется малоформатная камера типа «Зенит». Возможно фотографирование и с окулярным увеличением.

Рефлектор успешно прошел первые испытания. В настоящее время производится доводка оптики. В даль-

нейшем предполагается использовать телескоп в экспедициях для наблюдений по программам ВАГО. В период между экспедициями телескоп будет работать в одной из народных обсерваторий.

**А. Н. ПОДЪЯПОЛЬСКИЙ**

Фото автора



## НОВАЯ МАЛАЯ ПЛАНЕТА

27 марта 1971 г. американский астроном Т. Джерелс, занимающийся в Паломарской обсерватории исследованием астероидов из семейства «троянцев», фотографировал участки неба на 48-дюймовом телескопе системы Шмидта. На одной из пластинок, в созвездии Девы, расположенном в момент фотографирования точно против Солнца, он обнаружил след звездообразного объекта 16-й или 17-й величины. Объект двигался к западу, проходя за сутки 0,6 градуса. Находясь в оппозиции, типичные астероиды перемещаются со скоростью вдвое меньшей. Поэтому объект и привлек внимание Джерелса. Так была открыта новая малая планета из семейства Аполлона, получившая предварительное обозначение 1971 FA.

Американский астроном Б. Марсден по 14 точным положениям вычислил орбиту нового астероида. Она сильно вытянута: расстояние в перигелии и афелии равно соответственно 84 и 560 млн. км. Временами астероид движется внутри орбиты Венеры, а бывает, что он выходит за пределы орбиты Марса. Период обращения астероида вокруг Солнца 1,76 года. Благодаря большому наклону орбиты (22°) новый астероид, подобно Икару и Географу, также входящим в семейство Аполлона, может очень близко подходить к Земле. Когда астероид открыли, его отделяло от Земли всего несколько миллионов километров.

Из-за медленного углового движения астероид удалось наблюдать продолжительное время. Еще в середине июня он был виден как объект 17,5 величины в созвездии Секстанта.

Джерелс измерил яркость астероида и обнаружил, что она изменяется

в пределах 0,8 звездной величины. Это можно объяснить, предположив, что астероид имеет вытянутую форму. Период вращения астероида 8 часов 34 минуты.

«Sky and Telescope», 41, 6, 1971.

## СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ЮПИТЕРА

Радиоизлучение Юпитера в декаметровом диапазоне (10—28 Мгц) было открыто еще в 1955 г. Известно, что это излучение довольно интенсивно (его поток на частоте 18 Мгц достигает  $10^{-19}$  вт·м<sup>-2</sup>гц<sup>-1</sup>), имеет спорадический характер, появляется в виде серии коротких всплесков, формирующих бури, которые продолжаются от нескольких минут до нескольких часов.

Однако до сих пор неясно, каковы источники энергии радиовсплесков Юпитера и чем они возбуждаются. Были предложены и отвергнуты как несостоятельные различные гипотезы (грозовая, вулканическая и другие). В настоящее время большинство исследователей считает, что источник всплесков — плазменные колебания. Эти колебания могут возбуждаться электронами, которые вторгаются в ионосферу Юпитера с подсолнечной стороны и из хвоста магнитосферы, а также высвобождаются из радиационных поясов планеты во время магнитных бурь. Иными словами, предполагается, что в магнитосфере Юпитера при прохождении через нее ударных волн и геоэффективных по-

токов солнечного ветра происходят, как и на Земле, магнитные бури со всеми сопровождающими их эффектами (вторжение корпускул в ионосферу, полярные сияния и т. п.).

Исследования, выполненные в Сибирском институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Сибирского отделения Академии наук СССР, выявили однозначную связь между появлением радиовсплесков на Юпитере в декаметровом диапазоне и пересечением магнитосферы планеты ударными волнами и геоэффективными потоками солнечного ветра. Скорость последних оказалась постоянной на расстоянии 1—5 а.е., т. е. далеко за пределами орбиты Земли.

«Астрономический журнал», 48, 3, 1971.

## СЛЕДЫ ПРОМЕТИЯ В ЗВЕЗДЕ

Два американских астронома Марго Фридель Адлер и Чарльз Ковлей (Мичиганский университет) обнаружили следы прометия в спектре звезды HR 465, находящейся в созвездии Андромеды.

Существование прометия было предсказано в 1902 г., а открытие его в продуктах распада урана произошло только в 1947 г. Наиболее долгоживущий изотоп прометия имеет период полураспада около 18 лет. Следовательно, образовался он совсем недавно и, вероятно, во внешних областях звезды.

Это открытие является прямым указанием на протекание ядерных процессов в наружных слоях этой сравнительно горячей звезды.

«Science et avenir», 288, 1971.

## КВАЗАРЫ И СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК

Существуют ли квазары в скоплениях галактик? Ответ на этот вопрос очень важен для понимания как природы квазаров, так и происхождения скоплений галактик.

В 1966 г. американские астрофизики А. Сендидж и Ю. Миллер попытались найти галактики вокруг ближайших к нам квазаров 3С 273 и 3С 48\*. Никаких галактик ярче 24-й звездной величины они на фотографиях не обнаружили, хотя нормальные галактики в скоплениях, находящихся на том же расстоянии, что и квазары (480 и 1100 Мпс), должны быть раз в 100 ярче, чем объекты 24-й величины.

Дальнейшие исследования показали, что квазары с красным смещением меньше 0,2 (т. е. находящиеся на расстоянии до 600 Мпс) часто видны в направлении богатых групп галактик. Но столь близкие к нам квазары не встречаются там, где есть богатые скопления. Между положением далеких квазаров и скоплений галактик никакой зависимости не обнаружено. Правда не надо забывать, что на расстоянии, соответствующем красному смещению больше 0,2, выделение скоплений или групп галактик становится затруднительным.

Американскому астроному Дж. Бахкаллу с сотрудниками удалось отыскать в небольших группах галактик всего два близких к нам квазара Топ 256\*\* и В 264\*\*\* (красные смещения, соответственно, 0,131 и 0,095). Однако некоторые астрофизики считают эти объекты не «чисто» квазизвездными, а промежуточными между ядрами сейфертовских галактик и квазарами. На фотографиях, сделанных на 5-метровом паломарском телескопе, объекты Топ 256 и В 264 не похожи на квазизвездные. Вокруг них видна протяженная структура размером порядка 10 кпс.

В марте 1971 г. появилась работа американского астрофизика Ж. Ганна с сотрудниками, которые обнаружили в небогатой группе галактик «настоящий квазар», обозначенный в Паркском каталоге как PKS 2251 + 11 («Astrophysical Journal Let-

ters», 164, 113, 1971). Этот достаточно мощный радиосточник еще раньше был отождествлен с голубой «звездочкой» 16-й звездной величины. Ее красное смещение равно 0,323. Таким образом, расстояние до квазара около 1000 Мпс, а его яркость примерно в 100 раз больше, чем яркость нормальных галактик.

Вокруг квазара расположены семь слабых галактик. Ярчайшая из них — вытянутая, с ярким ядром галактика 20,3 видимой звездной величины, удалена всего на 23 угловых секунд от квазара. Ж. Ганн с сотрудниками на многоканальном спектрометре получил спектры квазара и галактики. В спектре квазара видны линии излучения балмеровской серии водорода  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$ , по которым и определялось красное смещение. В спектре галактики, которая, вероятно относится к спиральной, отчетливо наблюдаются те же линии излучения  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$ , а также линии поглощения ионизованного кальция H и K. Красное смещение галактики, определенное по ним, оказалось равным  $0,33 \pm 0,01$ , т. е. близко к красному смещению квазара. Значит, если красное смещение квазара и галактики имеет космологическую природу, то эти объекты находятся на одинаковом от нас расстоянии и удалены друг от друга примерно на 100 кпс. Сама же галактика, по всей видимости, является членом компактной группы галактик. Отсюда Ж. Ганн делает вывод, что и квазар PKS 2251 + 11 входит в состав группы галактик. Вероятность, что он случайно проецируется так близко к галактике, оценивается в 0,1%.

Есть ли другие доказательства (кроме примерного равенства красных смещений), что квазар и галактика — объекты физической связи? Не окружены ли они общей туманной оболочкой, не соединены ли газовой перемычкой, как это часто бывает в случае близких пар галактик? Нет ли в спектре галактики следов сильной ионизации, вызванной мощным коротковолновым излучением квазара? Пока ответов на эти вопросы нет. Впрочем, Ганн отмечает, что между квазаром и галактикой видно слабое туманное образование. В спектре его заметны опять-таки линии излучения  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$ . К сожалению, не удалось точно измерить их красное смещение. Но, по-

видимо, излучение в линиях  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$  рождается в газе, окружающем квазар. Возможно, что это газовое облако вытянуто в направлении ближайшей галактики.

В проблеме поисков квазаров в скоплениях галактик есть еще один не совсем ясный аспект. Дело в том, что Х. Арп, Джеффри и Маргарет Бербиджи и другие астрономы приводят ряд примеров, когда связанные между собой светящимися туманными перемычками нормальные галактики и компактные пекулярные объекты (а не только квазары) имеют разные красные смещения. Причем красные смещения компактных объектов всегда больше, чем у нормальных галактик. Иногда различие красных смещений достигает существенных величин (до десятков тысяч километров в секунду). Таким образом, эти примеры заставляют, на наш взгляд, подходить с некоторой осторожностью к выводу о том, что близость красных смещений объектов разной природы должна всегда свидетельствовать об их физической близости в пространстве.

Б. В. КОМБЕРГ

## ВОЗМОЖНЫЙ ИСТОЧНИК ВОЗБУЖДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

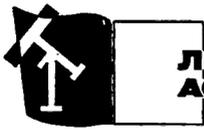
Космические источники инфракрасного излучения ранее рассматривались как оболочки из пыли вокруг молодых звезд, трансформирующие поглощенное ультрафиолетовое излучение в инфракрасное. Индийский астрофизик Н. Викрамасингх, работающий в Институте теоретической астрономии в Кембридже (Англия), высказал предположение, что космическую пыль, излучающую в инфракрасном диапазоне, могут нагревать космические лучи. Быстрые изменения интенсивности инфракрасного излучения (несколько дней или месяцев) указывают на то, что толщина пылевых оболочек не превосходит 1 пс ( $3 \cdot 10^{13}$  км), а для механизма переизлучения ультрафиолетовых лучей требуется толщина от 10 до 100 пс. Поглощение нуклонов космических лучей, согласно Викрамасингху, — основной источник нагрева космических пылинков вблизи Сверхновых звезд и других вспышечивающих объектов.

«Nature», 230, 5293, 1971.

\* Номера источников даны по третьему Кембриджскому каталогу.

\*\* Номер объекта в списках обсерватории Тонанцинта.

\*\*\* Номер объекта в списках итальянского астрофизика Брачези.



## О чем пишут любители астрономии

Любители астрономии часто обращаются в Государственный астрономический институт имени Штернберга. Почта доставляет нам корреспонденцию с берегов Белого моря, из Якутии, с Дальнего Востока, Украины, из Средней Азии, Кавказа. Нам пишут также из-за рубежа — Польши, Чехословакии, ГДР, Болгарии, США, Голландии и других стран. Количество писем непрерывно растет. Так, в 1967 г. поступило 105 писем, в 1968 г. — 152, в 1969 — 162, в 1970 — 278.

В большинстве случаев авторами писем бывают жители городов: от них поступает 75—80% всей корреспонденции, в том числе из Москвы и столиц союзных республик — 12%. Мужчины пишут охотнее, чем женщины: из каждых пяти писем четыре принадлежат им. В последнее время приходит много писем от школьников. В 1970 г. они прислали в 2 раза больше писем, чем в 1967 г.; письма школьников составили  $\frac{1}{4}$  часть всей корреспонденции. Пишут в институт и лица преклонного возраста (75—80 лет), сохранившие наблюдательность и ясность мысли, живой интерес к природе. Летом, как правило, количество корреспонденции минимально, в апреле, мае и декабре — максимально.

Тематика писем очень разнообразна. Содержание писем прежде всего позволяет отметить, что уровень знаний населения заметно вырос за последние годы. Мне приходилось вести популяризаторскую работу в Москве в 1947—1957 гг. и это позволяет сделать достаточно уверенную оценку. Без сомнения, начало космической

эры и выход человека в космос сыграли огромную роль в распространении и углублении астрономических знаний. Тому же способствует, конечно, и наличие многочисленных научно-популярных журналов, книг, брошюр, интересные выступления ученых в газетах, по радио и телевидению.

Десять лет назад нас спрашивали: какая ожидается погода, почему месяц меняет свой вид, далеко ли до Солнца? Теперь подобных вопросов уже не задают. Нас просят выслать подробные карты тех или других областей Луны, проконсультировать по вопросам фотографирования небесных светил, наблюдений переменных звезд, изготовления телескопа. Любители астрономии беспокоятся о том, как будет отмечен 500-летний юбилей Николая Коперника. Красные следопыты хотят больше узнать о жизни ученого-революционера П. К. Штернберга, студентки Московского университета Героя Советского Союза Жени Рудневой и других ученых. Часто просят помочь работе школьного кружка, жалуются, что трудно достать какую-либо книгу.

Значительный процент писем ( $\frac{1}{6}$  общего количества) посвящен результатам изучения Луны и планет. Постоянный интерес граждан к этим проблемам закономерен в связи с большими успехами науки и техники в освоении космоса. Такие письма обычно пересылают нам редакции газет, журналов, радио. Авторы их хотят подробнее познакомиться с проблемами, затронутыми в опубликованной статье или выступлении.

Наиболее приятными для нас бывают те письма, в которых встречаются

описания наблюдавшихся небесных явлений. Таких писем мы получаем немало — несколько десятков ежегодно. Полет искусственного спутника Земли, яркая комета, падение метеорита часто служат предметом обсуждения или спора. Письмо о необычном светиле астрономы всегда прочтывают с волнением, так как опытные любители не раз открывали новые звезды и кометы. Особенно ценны сообщения жителей Дальнего Востока: благодаря разности долгот их наблюдения опережают европейские на несколько часов, а это может сыграть решающую роль в изучении редкого небесного явления. Наиболее точные описания публикуются в «Астрономическом циркуляре АН СССР». Например, в № 558 за 1970 г. приведены сведения о наблюдениях кометы Бэннета, выполненных любителями астрономии, в № 577 помещен снимок кометы, полученный астрономом-любителем из города Мончегорска В. А. Анохиным.

Ежегодно в институт приходит 3—5 сообщений о находках метеоритов. Эти письма, представляющие, несомненно, большой интерес, мы направляем в Комитет по метеоритам АН СССР.

Большую группу составляют письма учеников средних школ, главным образом 5, 6, 9 и 10 классов. Школьники, стремящиеся получить высшее образование и стать профессиональными астрономами, заранее заботятся о приобретении программы вступительных экзаменов, выясняют специализацию студентов, интересуются вузами, в которых проходят подготовку будущие астрономы. Мно-

гие из авторов уже несколько лет посвящают свой досуг занятиям астрономией. К сожалению, отдельные письма свидетельствуют о неумении школьника составить деловое письмо, иной раз в тексте встречаются даже грамматические ошибки, доказывающие невнимательность ученика. Приходят и такие письма, в которых задано 15—20 вопросов по астрономии и смежным отраслям знаний. Ответить обстоятельно, конечно, невозможно, и мы советуем автору, прежде чем писать в Москву, попытаться самому найти ответ в литературе, спросить учителя или старшего товарища.

Иногда присланные в институт материалы ставят в тупик научного сотрудника: в сочинении опровергаются твердо установленные истины, такие, например, как вращение Земли вокруг оси и вокруг Солнца, движение Луны, высокая температура на поверхности Солнца. Случается, что иной автор предлагает вниманию ученых умозрительную космогоническую «теорию», изобилующую голословными утверждениями. Число подобных посланий достигает 25—40 в год. Зачастую их авторы не приемлют ни возражений, ни объяснений, и, получив ответ научного сотрудника, «отвечают» на него, попросту по-

вторяя то, что они писали в первом письме. В этом случае, естественно, экономя оплачиваемое государством время научных работников и средства на почтовые расходы, мы вынуждены прекращать переписку, оставляя повторные письма без ответа.

Обширна переписка Государственного астрономического института с любителями астрономии, и научные сотрудники большое внимание уделяют этой благодарной работе.

**О. Д. ДОКУЧАЕВА**  
кандидат физико-математических наук

## Астрономические явления в 1972 году

**СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ.** 16 января 1972 г. произойдет кольцеобразное солнечное затмение, видимое в Антарктиде.

Полное солнечное затмение 10 июля 1972 г. можно будет наблюдать в СССР. Полоса полной фазы начнется на Сахалине, в городе Александровске, где Солнце взойдет во время полной фазы. Далее полоса направится на северо-восток, через Охотское море, Камчатку и Чукотку, пересечет Берингов пролив и Аляску и достигнет наиболее северной широты (около 70°) на территории Канады. Затем пройдет в юго-восточном направлении по Гудзонову заливу и покинет материк Северной Америки вблизи 45° с. ш. Закончится затмение в Атлантическом океане. На Камчатке и Чукотке в полосу полной фазы попадают города Палана, Анадырь и Уэлен. Затмение начнется там утром 11 июля.

Частную фазу этого затмения можно будет наблюдать при заходе Солнца 10 июля в Карелии и Мур-

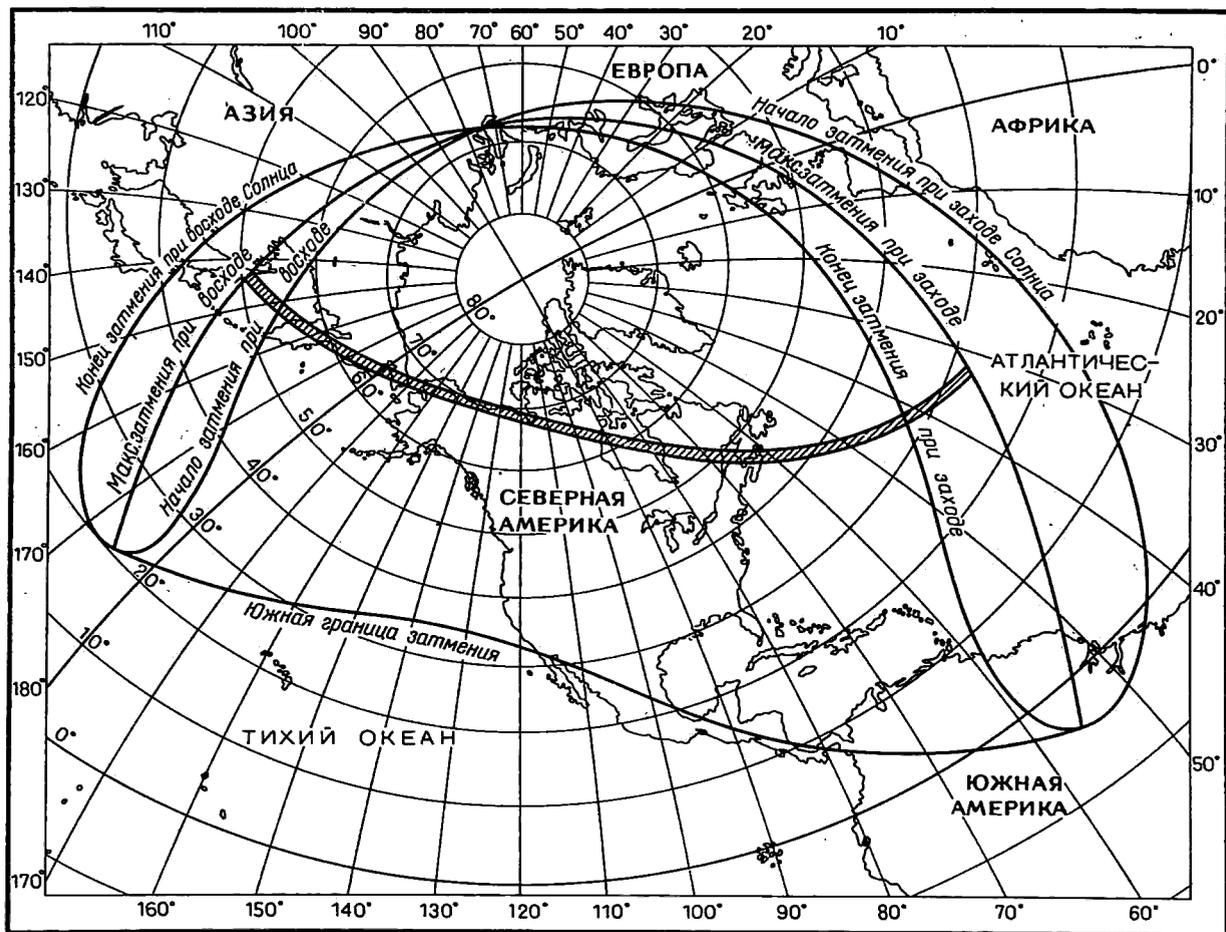
манской области, на Белом море и берегах Северного Ледовитого океана, на островах Новой Земли, Ямале и Таймыре. В советском секторе Арктики, где Солнце в это время года не заходит, частное затмение малой фазы будет видимо в поздние вечерние и ночные часы. В Якутии и Магаданской области солнечное затмение будет наблюдаться после восхода Солнца утром 11 июля. Граница видимости — линия конца

затмения при восходе Солнца — протянется от северного Урала к Дальнему Востоку, причем Хабаровск тоже попадет в зону видимости затмения.

30 января 1972 г. произойдет полное лунное затмение, которое будет наблюдаться в восточных районах СССР. Западная граница видимости затмения пройдет вблизи городов Нарьян-Мар — Ханты-Мансийск — Семипалатинск. На линии

ОБСТОЯТЕЛЬСТВА СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ В ПОЛОСЕ ПОЛНОЙ ФАЗЫ (ВРЕМЯ МОСКОВСКОЕ)

Город	Начало частного затмения	Наибольшая фаза (середина полной фазы)	Конец частного затмения	Полная фаза
Александровск-Сахалинский	под горизонтом	21ч 29м	22ч 21м	(41°) после восхода Солнца около 30с
Палана	20ч 41м	21 33	22 30	12
Анадырь	20 44	21 42	22 43	63
Уэлен	20 47	21 47	22 51	91



Полоса полной фазы солнечного затмения 10 июля 1972 г. (полоса заштрихована). Карта заимствована из «American Ephemeris»

Якутск — Хабаровск и восточнее затмение будет происходить над горизонтом. Начало частного теневого затмения в 12<sup>ч</sup> 12<sup>м</sup>, конец — в 15<sup>ч</sup> 36<sup>м</sup> по московскому времени.

26 июля 1972 г. ожидается частное лунное затмение, которое не будет видно на территории СССР.

**ПЛАНЕТЫ.** В первой половине года по вечерам видны Сатурн, Венера и Марс, а в конце первой и во второй декаде марта — Меркурий. По утрам можно будет наблюдать Юпитер и в первой декаде января — Меркурий, причем 6 января Меркурий приблизится к Юпитеру. Уран и Нептун в начале года видны только утром, а затем и ночью.

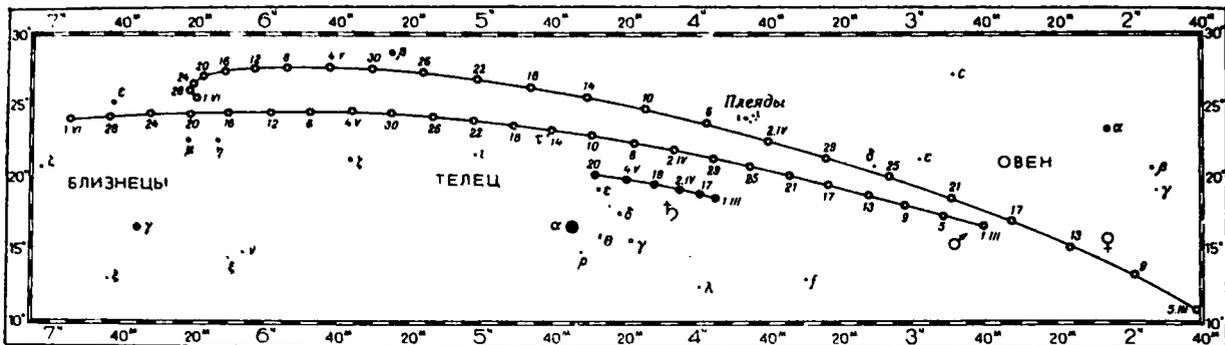
Интересно наблюдать меняющееся относительное расположение Венеры, Марса и Сатурна в марте и, особенно, в апреле. Все три планеты хорошо видны на вечернем небосводе. Заходят они к полуночи, 1 апреля Марс обгонит Сатурн, 8 апреля его перегонит и Венера, а 22 апреля она же опередит Марс.

В начале года Сатурн виден очень хорошо (противостояние было 25 ноября 1971 г.). В вечерние часы он находится высоко над горизонтом, в южной части небосвода, в созвездии Тельца. Заходит планета утром. Вечерняя видимость Сатурна закончится в мае.

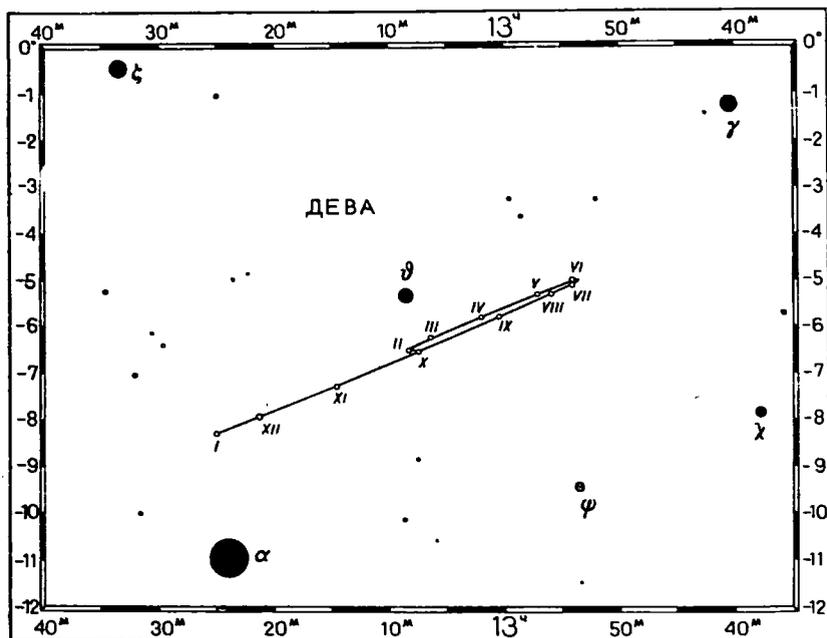
Марс после великого противостоя-

ния (10 августа 1971 г.) быстро удаляется от Земли, его блеск слабеет: в начале года блеск планеты сравним со звездами первой величины, а с середины марта — второй. Заходит Марс к полуночи, время его захода почти не меняется с начала года до конца апреля. С середины июня Марс не виден.

Венера весной видна хорошо. Благодаря увеличивающемуся склонению продолжительность наблюдений Венеры с января по апрель возрастает. Максимальное склонение планеты в апреле равно +27°, заходит Венера в средних широтах СССР после полуночи, что случается крайне редко. 7 апреля Венера будет в элонгации, 10 мая блеск ее достигнет наибольшего значения. В начале июня закончатся вечерняя видимость Венеры.



Видимые пути Венеры, Марса и Сатурна в марте, апреле и мае 1972 г.



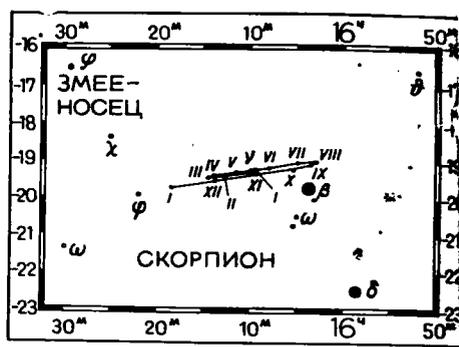
Видимый путь Урана в 1972 г.

В апреле — самые лучшие условия для наблюдения Урана. Искать его следует в созвездии Девы, ниже середины отрезка прямой, соединяющей звезды  $\alpha$  и  $\gamma$  Девы. Наилучшая видимость Нептуна приходится на вторую половину мая, планета будет в созвездии Скорпиона. Без подробной звездной карты отождествить Уран и Нептун трудно, так как блеск их равен, соответственно, 6-й и 8-й звездным величинам.

В середине года наступает лучшая видимость Юпитера (противостояние 24 июня). Но 1972 год наименее благоприятен для наблюдений этой планеты, поскольку она не поднимается высоко над горизонтом.

В последней декаде июня и в первой декаде июля только в южных широтах СССР можно увидеть Меркурий в лучах вечерней зари.

Во второй половине года условия видимости планет резко изменяются.



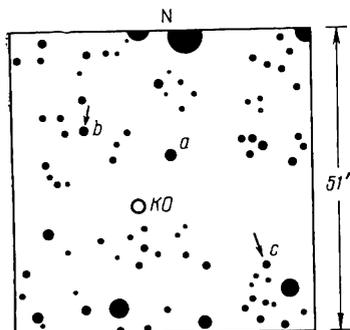
Видимый путь Нептуна в 1972 г.

По вечерам, невысоко на юго-западе сияет Юпитер. Уран и Нептун в конце лета можно наблюдать только в южных широтах. В первой декаде июля в лучах утренней зари начинает появляться Сатурн, в середине июля — Венера, в конце второй декады августа (до начала сентября) — Меркурий, с октября виден Марс, с ноября — Уран. Почти весь декабрь по утрам можно наблюдать Меркурий. Лучшие условия видимости Венеры наступят в сентябре. Наибольший блеск ее 23 июля, в элонгации она находится 26 августа. До конца года Венера будет видна по утрам. Марс восходит незадолго до рассвета, по блеску он равен звездам второй величины. Условия видимости Сатурна все время улучшаются и к концу года становятся очень хорошими (противостояние 9 декабря).

В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ

# Страничка наблюдателя переменных звезд

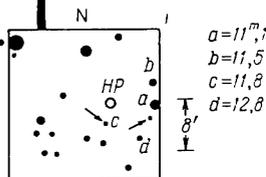
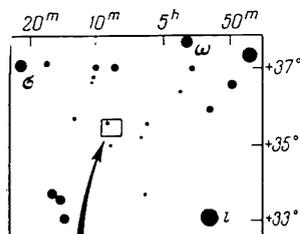
КО Персея



$a = 9^m,35$   
 $b = 10,00$   
 $c = 10,55$

Координаты звезды:  $\alpha = 03^h 25^m 13^s$ ;  $\delta = +48^\circ 25',6$  (эпоха 1950,0). Переменность блеска звезды в пределах  $11^m,0 - 11^m,7$  заметила С. М. Фаддеева и позднее подтвердил Р. Вебер (Франция). Некоторые наблюдатели КО Персея отмечали продолжительные периоды постоянства блеска. Поэтому необходимы длительные наблюдения, которые помогут уточнить характер изменения блеска звезды.

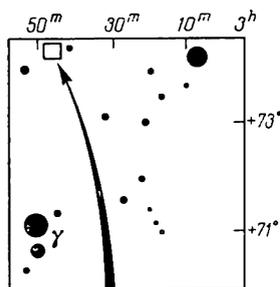
НР Возничего



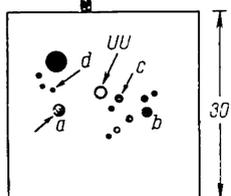
$a = 11^m,1$   
 $b = 11,5$   
 $c = 11,8$   
 $d = 12,8$

Координаты звезды:  $\alpha = 05^h 07^m 01^s$ ;  $\delta = +35^\circ 44',2$  (эпоха 1950,0). В. Штомейер (ГДР) впервые обнаружил быстрые колебания блеска звезды между  $11^m,0$  и  $12^m,5$ . Звезда, по-видимому, относится к затменным переменным.

UU Жирафа

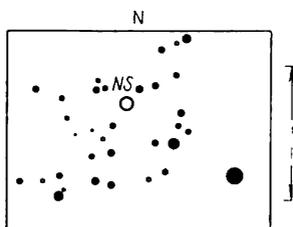


$a = 11^m,4$   
 $b = 11,8$   
 $c = 12,0$   
 $d = 12,1$



Координаты звезды:  $\alpha = 03^h 46^m 21^s$ ;  $\delta = +74^\circ 24',9$  (эпоха 1950,0). Изменения блеска звезды открыл Е. Бейкер (Англия). Согласно его наблюдениям, блеск звезды колеблется от  $11^m,6$  до  $12^m,5$  с периодом  $4^d,404$ . Б. В. Кукаркин считает эти данные ошибочными. Желательны дальнейшие наблюдения звезды.

NS Единорога

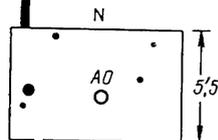
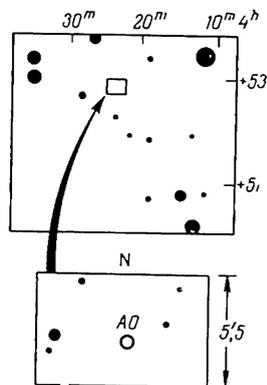


Координаты звезды:  $\alpha = 06^h 33^m 26^s$ ;  $\delta = +07^\circ 54',3$  (эпоха 1950,0). Переменность блеска звезды

в пределах  $10^m,5 - 11^m,0$  открыл в 1934 г. К. Хоффмейстер (Германия). Более поздние наблюдения показали, что это — затменная переменная, но период определить пока не удалось.

АО Жирафа

Координаты звезды:  $\alpha = 04^h 24^m 18^s$ ;  $\delta = +52^\circ 56',1$  (эпоха 1950,0). Колебания блеска впервые зарегистрировал К. Хоффмейстер (ГДР). Звезда принадлежит к затменным переменным с амплитудой изменения блеска  $9^m,5 - 10^m,0$  и коротким периодом. Звезды сравнения для этой и предыдущей переменной наблюдатель должен выбрать сам среди окрестных звезд, а обработку наблюдений проводить в степенной шкале.



Напомним, что результаты наблюдений следует присылать в Комиссию по переменным звездам при Астросовете АН СССР (117234, Москва, В-234, Ленинские горы, ГАИШ, Отдел переменных звезд).

Н. Б. ПЕРОВА

## Иоганн Кеплер на марках



Среди многочисленных марок, рассказывающих о знаменитых астрономах, мы находим и те, которые посвящены выдающемуся астроному, математику и физику Иоганну Кеплеру.

Впервые марка с изображением Кеплера была издана почтовым ведомством Австрии в 1953 г. На марке воспроизведен портрет ученого, принадлежащий кисти неизвестного автора XVII в.

В 1969 г. Йеменская Арабская Республика выпустила серию из семи крупноформатных многокрасочных марок под общим названием «Открытие во Вселенной». Эта серия от-





носится одновременно и к астрономической и космической тематике. Каждая марка включает два независимых рисунка, выполненных на живописном поле двух прямоугольных треугольников. Разделительная полоса содержит надпись «Discoveries of Universe». В верхних треугольниках показаны советские и американские космические летательные аппараты, а в нижних — портреты великих астрономов. (Не обошлось и без курьеза: почему-то авторы включили в серию марку с изображением итальянского художника и архитектора эпохи Возрождения Микельанджело Буонарроти.)

На марке с портретом Кеплера нарисованы лунный ландшафт и вымпел, впервые доставленный советской автоматической лунной станцией «Луна-2» на поверхность естественного спутника Земли 14 сентября 1959 г. Марка снабжена надписью на английском языке: «СССР. Лунник II. 12.9.1959» (дата запуска ракеты-носи-

теля с автоматической станцией на борту). Такая композиция подчеркивает взаимосвязь между астрономией и космонавтикой, между кеплеровскими тремя законами и полетом лунной станции. Но есть и другая связь. Еще в первом своем труде «Космографическая тайна» Кеплер утверждал, что между Солнцем и планетами, как между планетами и их спутниками, действует сила тяжести. И еще одна связь: «Луна-2» опустилась на Селену западнее Моря Дождей, где находится лунный кратер, названный именем Иоганна Кеплера.

На марке с портретом Коперника изображен третий советский искусственный спутник Земли с указанием даты запуска (15 мая 1958 г.), а на марке с портретом Галилея — советская автоматическая лунная станция «Луна-3», запущенная 4 октября 1959 г. (К сожалению, на йеменской марке указана неправильная дата запуска.) На других марках показаны «Луна-1» и американские спутники «Эксплорер-6, -7» и «Авангард-1».

В серии «Открытия во Вселенной» есть марка с изображением датского астронома Тихо Браге. Она по праву может занять достойное место в коллекции марок о Кеплере, который после смерти Тихо Браге оказался преемником его научного наследия.

В юбилейном году почтовые ведомства многих стран выпустят марки, посвященные 400-летию со дня рождения И. Кеплера. В некоторых странах такие марки уже поступили в обращение. В ГДР выпущена портретная марка с автографом ученого. Авиапочтовая портретная миниатюра издана в Мексике, а в Дагомее — серия из двух марок. Эти хорошо исполненные портретные марки служат филателистическим памятником великому немецкому астроному.

Марки о Кеплере иллюстрируют одну из страниц истории великих астрономических открытий и первые шаги космических исследований.

В. А. ОРЛОВ

*В нашем классе возник спор, что будет с Землей? Улетит ли она в космическое пространство, будет ли приближаться к Солнцу или останется на прежней орбите?*

По просьбе редакции на вопрос, который нам задали десятиклассники одной из московских школ, отвечает специалист по небесной механике, доктор физико-математических наук Ю. А. РЯБОВ.

В настоящее время Земля и все планеты солнечной системы движутся вокруг Солнца так, что их траектории, или орбиты, очень близки к окружностям и лежат почти в одной плоскости. Движение планет характеризуется большой стабильностью. В частности, Земля постоянно находится примерно на одном и том же расстоянии от Солнца и получает в течение всего года почти одинаковое количество солнечного тепла.

Будет ли так продолжаться всегда? Не изменится ли в дальнейшем характер движения Земли и остальных планет? Этот, один из самых интересных и самых сложных вопросов небесной механики, — науки, изучающей движение небесных тел, — был поставлен еще в XVIII в. французскими математиками и астрономами П. Лапласом и Ж. Лагранжем.

В небесной механике планеты рассматриваются как материальные тела, притягивающиеся друг к другу по закону всемирного тяготения и подчиняющиеся законам «земной» механики. Силы взаимного притяжения между телами зависят от их масс и расстояний между ними. Если на тело действует сила, то оно

испытывает ускорение, пропорциональное этой силе и направленное в ту же сторону, что и сила. Следовательно, каждая планета, например Земля, испытывает ускорение, складывающееся из основной составляющей, определяемой притяжением Солнца (и направленной к Солнцу), и значительно меньших составляющих, определяемых притяжениями остальных восьми планет. Все эти ускорения в тот или иной момент зависят, как и силы притяжения, от расстояний Земли до Солнца и других планет, а также от взаимного расположения всех планет. Таким образом, можно составить соотношения, которые связывают ускорения всех планет и их координаты, определяющие положения планет в пространстве. Эти соотношения называются уравнениями движения планет.

После того как уравнения составлены, задача о движении планет превращается в математическую задачу решения уравнений. Решить уравнения (а они относятся к типу дифференциальных) — это значит найти, как изменяются координаты планет с течением времени, т. е. найти координаты в функции времени. Такое решение даст нам теорию движения планет, т. е. формулы, или таблицы, по которым можно определить положения планет в пространстве, делать заключение о характерных особенностях движения и т. д.

Уравнения движения планет очень сложны. Найти их точное решение, а вместе с тем и точную теорию движения, позволяющую рассчитать положение планет на какое угодно время вперед или назад, не удается. Поэтому прибегают к приближенному решению уравнений, дающему приближенную теорию движения. Такие теории почти точно соответствуют фактическому движению планет лишь в сравнительно небольших интервалах времени, например на несколько сот лет. Но предсказать, как будут двигаться планеты на протяжении многих тысяч и миллионов лет, эти теории не могут.

Ж. Лагранж в XVIII в. построил

такое приближенное решение уравнений движения планет, которое хотя и не позволяет точно вычислить их движения, но зато дает возможность выявить особенности изменения орбит планет на протяжении многих тысячелетий. Согласно этой теории векового движения планет, средние расстояния планет от Солнца почти не изменяются, их орбиты остаются всегда более или менее близкими к окружностям, лежащим примерно в одной плоскости, но все же эти орбиты испытывают вполне заметные, хотя и очень медленные колебания сложного характера. Например, если сейчас орбита Земли — эллипс с эксцентриситетом около 0,017, то через 25 000 лет она превратится в почти точную окружность, еще через 45 000 лет — в эллипс с эксцентриситетом 0,021, а 100 000 лет назад орбита Земли была эллипсом с эксцентриситетом 0,047. Плоскость орбиты Земли через 30 000 лет изменит свое положение на  $2^{\circ}5$ , а через 40 000 лет опять будет близка к нынешнему положению.

Между прочим, теория Лагранжа подтверждается исследованиями геологического прошлого нашей планеты. В древние геологические эпохи Земля получала в среднем примерно столько же солнечного тепла, сколько и сейчас, т. е. она находилась почти на том же расстоянии от Солнца. Вместе с тем, колебания плоскости движения Земли и эксцентриситета ее орбиты приводили к колебаниям получаемой Землей солнечной энергии. Известна гипотеза, объясняющая таким путем изменения климата в тех или иных областях Земли в различные геологические эпохи и даже наступление ледниковых периодов.

С математической точки зрения теория Лагранжа обладает тем недостатком, что она основывается на формулах, которые не дают решения уравнений движения планет, справедливого для любых интервалов времени. Из теории Лагранжа, например, не следует, что планеты никогда не будут удаляться или приближаться к Солнцу.

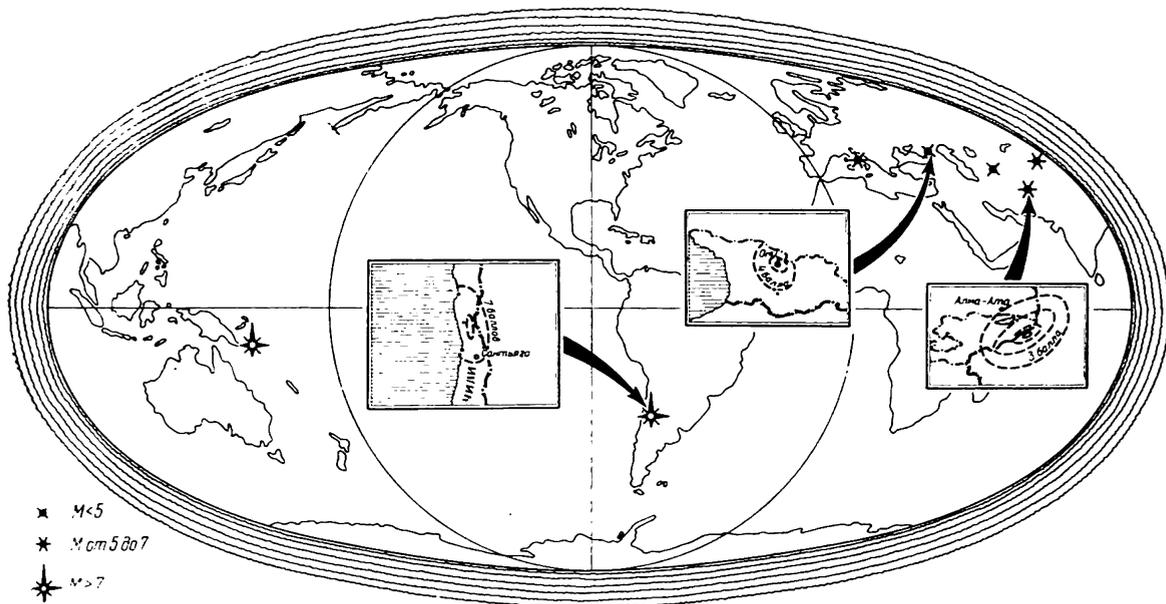
Недавно эта теория получила в

известном смысле математическое подтверждение. В 1962 г. советский математик В. М. Арнольд рассмотрел математическую модель солнечной системы, в которой планеты имеют очень малые массы и их орбиты в начальный момент очень мало отличаются от окружностей, лежащих в одной плоскости. Для такой модели существуют решения уравнений движения, согласно которым планеты движутся всегда так, как это приближенно предсказывает теория Лагранжа. Есть все основания полагать, что реальные движения планет соответствуют именно таким решениям.

Однако окончательного ответа на вопрос о судьбе солнечной системы мы пока не имеем. Дело в том, что сами уравнения движения планет, которые исследовались до сих пор, являются приближенными. Они составлены с учетом лишь сил взаимного притяжения между планетами и Солнцем. Это, конечно, основные силы, но все же в солнечной системе действуют и другие. Межпланетное пространство заполнено газом и пылью, и планеты при своем движении испытывают сопротивление газо-пылевой среды, хотя и очень слабое. На планеты оказывает давление солнечная радиация. Кроме того, массы планет и Солнца не остаются неизменными. Например, Солнце в процессе излучения теряет около 250 млн. т в минуту, а Земля благодаря выпаданию на ее поверхность метеорного вещества увеличивает свою массу на несколько тысяч тонн в год. При рассмотрении движения планет в больших космических интервалах времени надо учитывать и упомянутые дополнительные силы, и переменность масс Солнца и планет.

К сожалению, анализ влияния этих факторов на реальные движения планет в солнечной системе, по существу, почти не проводился. Можно только вполне обоснованно полагать, что это влияние очень мало и в течение по крайней мере десятков миллионов лет оно не приведет к сколько-нибудь существенным изменениям в движении планет.

# ХРОНИКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (ИЮНЬ — ИЮЛЬ 1971 г.)



**9 июня**

01 час. 31 мин. 31 сек.;  
37°,0 с. ш.; 71°,7 в. д.;  
 $h = 240$  км.  
Южный Памир

**14 июня**

13 час. 48 мин. 52 сек.;  
56°,3 с. ш.; 123°,6 в. д.;  
 $h = 15$  км;  
 $M = 5,9$ .  
СССР, Становой хребет.

**15 июня**

22 час. 04 мин. 12 сек.;  
41°,4 с. ш.; 79°,3 в. д.;  
 $M = 5,9$ .  
Китай, хребет Кошаал-Тау.

Возможная сила в эпицентре 6—

7 баллов. Ощущалось в Алма-Ате с силой 3 балла; в Пржевальске — 4 балла.

**16 июня**

20 час. 27 мин. 49 сек.;  
37°,1 с. ш.; 71°,9 в. д.;  
 $h = 160$  км.  
Южный Памир.

**28 июня**

19 час. 53 мин. 44 сек.;  
42°,6 с. ш.; 43°,4 в. д.;  
 $h = 10$  км.;  $M = 4,2$ .  
Эпицентр землетрясения находился в 13 км от города Они Грузинской ССР. В Они сила землетрясения достигла 6 баллов, в Бакуриани и Боржоми — 3—4 балла.

**4 июля**

07 час. 25 мин. 44 сек.;  
38°,0 с. ш.; 72°,6 в. д.;  
 $h = 150$  км.  
Памир.

**7 июля**

03 час. 52 мин. 58 сек.;  
39°,1 с. ш.; 72°,5 в. д.;  
 $M = 4,4$ .  
Северный Памир.

**9 июля**

03 час. 23 мин.;  
31°,8 ю. ш.; 71°,3 з. д.;  
 $M = 7,9$ .  
Сила землетрясения 9—10 баллов. Эпицентр находился в районе города Ильяпель, в 200 км от Сантьяго. Больше всего пострадали провин-

ции Сантьяго, Вальпарасесо, Кокимбо, Аконкагуа. В городе Виньядель-Мар разрушено 30% зданий. Разрушены мосты, дороги, линии связи и электропередач. В центральных провинциях разрушено 10 000 зданий. Не менее 83 человек погибли, 450 — ранено, 200 000 человек остались без крова. Ущерб составляет 250 миллионов долларов.

**14 июля**

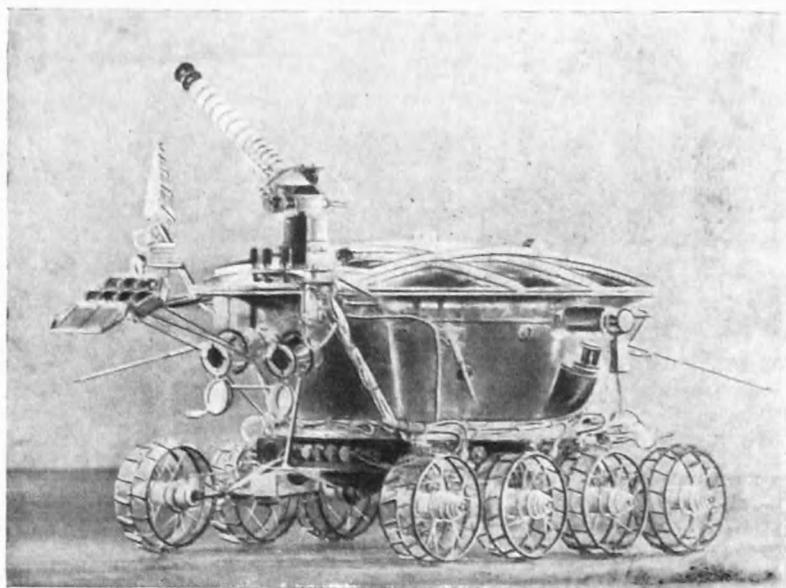
06 час. 11 мин. 28 сек.;  
5° ю. ш.; 125° в. д.;  
 $M = 7,7$ .  
Глубокое землетрясение. Сила в эпицентре — 8 баллов. Район Соломоновых островов.

**15 июля**

01 час. 32 мин. 59 сек.;  
44°,7 с. ш.; 10°,7 в. д.;  
 $M = 5,5$ .  
Сила землетрясения примерно 6—7 баллов.  
Реджо-Эмилия, Италия.

Л. А. МОСКАЛЕВА

## «Передвижная лаборатория на Луне—«Луноход-1»



В ряду космических экспериментов, осуществленных отечественной ракетно-космической наукой и техникой при выполнении программы исследования Луны и других тел солнечной системы, успешная миссия автоматической станции «Луна-17» имеет исключительно важное значение. Доставка на Луну движущейся, управляемой на расстоянии научной лаборатории и ее многомесячная плодотворная работа на поверхности естественного спутника Земли положили начало качественно новому этапу космических исследований.

Советская автоматическая станция «Луна-9», а затем «Луна-13» и аме-

риканские станции «Сервейер» передавали на Землю изображения лунной поверхности, сведения о химическом составе грунта, его несущей способности и прочие данные. Но все физико-химические измерения проводились лишь в непосредственной близости от прилуннивших станций. «Луноход-1» в 10 000 раз расширил поперечник обследуемой поверхности — свыше десяти километров прошел он за время работы. В большом числе пунктов были проведены определения прочности грунта и его химического состава. Огромное количество снимков и панорам (в том числе и стереоскопических) позволяет всесто-

ровне изучить подробности строения лунного рельефа на пути следования аппарата.

Безотказная работа «Лунохода-1» на протяжении беспрецедентного для автоматических станций периода времени наиболее убедительно свидетельствует, что конструкторы отлично решили стоящие перед ними задачи. Отсюда исключительный высокий интерес ко всему, связанному с «Луноходом-1», как у нас в стране, так и за рубежом.

Издательство «Наука» выпустило первую часть книги, в которой рассматриваются вопросы конструкции, решения инженерно-технических и научных задач и первые результаты обработки данных, полученных «Луноходом-1»\*.

Ряд экспериментов — исследование рентгеновского космического излучения и лазерная локация — будет рассмотрен во второй части книги.

Первый раздел содержит сведения об устройстве и работе станции «Луна-17» и «Лунохода-1».

После первых мягких посадок на лунную поверхность, советские специалисты создали унифицированную посадочную ступень для доставки на Луну автоматических станций различного назначения. Унифицированная посадочная ступень как самостоятельный ракетный комплекс обеспечивает проведение коррекций траектории полета на трассе Земля — Луна, переход станции на орбиту искусственного спутника Луны, предпосадочные операции и мягкую посадку на лунную поверхность. В книге подробно описаны все узлы посадочной ступени и их взаимодействие на разных этапах полета, а также общее устройство и компоновка самодвижущегося аппарата «Луноход-1». Несомненный интерес представляют сведения об управлении станцией «Луна-17» и вождении «Лунохода-1».

Длительность пребывания движущегося аппарата в лунных условиях,

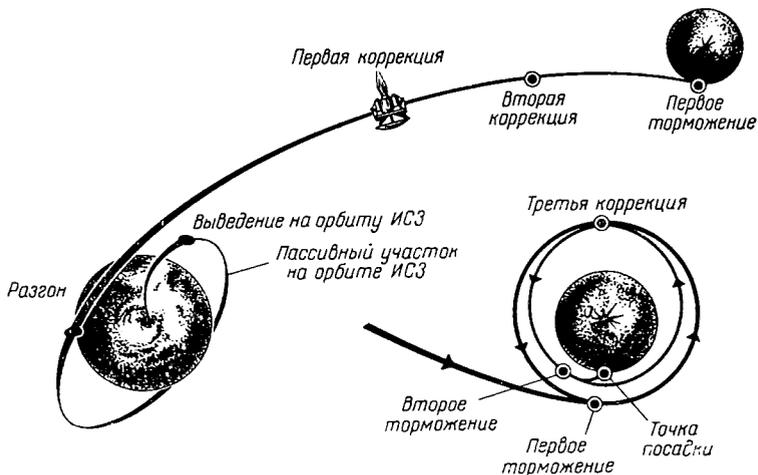


Схема полета станции «Луна-17»

для которых характерны резкие температурные изменения, придадо особую важность проблемам теплового режима и системе терморегулирования. Эти вопросы детально рассмотрены в книге. Внимание привлекает анализ задач и взаимодействия экипажа, осуществлявшего дистанционное управление аппаратом.

Подробное изложение материала в первом разделе книги позволит читателю детально ознакомиться с современными достижениями отечественной космической техники, острее почувствовать сложность стоящих перед ней проблем. Нельзя остаться равнодушными к изысканию и остроумию решения многих технических задач при создании «Луны-17» и «Лунохода-1».

Второй раздел посвящен описанию научной аппаратуры и предварительным результатам исследований «Лунохода-1».

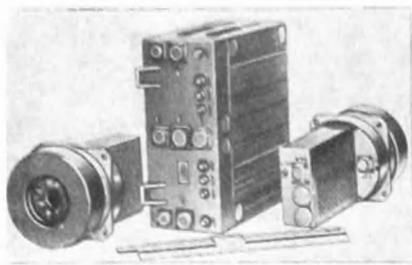
Телевизионные системы — это «глаза» лунохода. Телевизионные устройства, установленные на движущемся аппарате, служат целям управления и навигации, а также изучению особенностей лунной поверхности. На «Луноходе-1» установлены четыре панорамные камеры, которые передавали четкие изображения окружающей поверхности с разверткой в верти-

кальном и горизонтальном направлениях. Две ходовые камеры малокадровой телевизионной системы позволяют оператору на Земле следить за лунным рельефом, расстилающимся перед аппаратом. Высокое качество телевизионного комплекса лунохода



Поверхность реголита в непосредственной близости от лунохода. Виден след от колес глубиной 2—3 см, шириной 20 см и горка комковатого грунта, образовавшаяся при развороте лунохода

\* «Передвижная лаборатория на Луне — «Луноход-1». Ответственный редактор академик А. П. Виноградов. «Наука», М., 1971 г.



Внешний вид блоков малокадровой телевизионной системы, установленной на «Луноходе-1»

и наземной приемной аппаратуры способствовали эффективности вождения. Накоплена обширная информация о местности, по которой проходила трасса движения. За 10,5 месяцев работы станции наземный комплекс принял свыше 200 панорам и фрагментов, переданных с борта лунохода, и 20 000 отдельных снимков.

На трассе движения лунохода выполнена топографическая съемка полосы местности шириной до 150 м. Анализ топографической ситуации необходим и для углубленной разработки теории вождения лунохода. Результаты подобных исследований также содержатся в книге.

Комплексное изучение характери-

стик лунного покровного вещества осуществлялось на «Луноходе-1» приборами, исследующими механические свойства и химический состав грунта. Установлено, что мелкозернистый слой грунта в основном имеет глубину не менее 50—100 мм. Несущая способность самого верхнего слоя составляет 0,02—0,03 кг/см<sup>2</sup>. До глубины 80—100 мм залегает слой, несущая способность которого достигает 1 кг/см<sup>2</sup>. На пути лунохода встречались и достаточно прочные камни и комки слипшегося вещества с малой прочностью.

Химический экспресс-анализ грунта на луноходе проводился с использованием рентгеновского спектрометрического метода. Оказалось, что вещество в Море Дождей не отличается по составу от пород других районов Луны, анализировавшихся ранее.

Подобное же сходство обнаружило и предварительное «геоморфологическое» изучение панорам. По количеству кратеров различного размера на единицу площади, форме кратеров, распределению камней на поверхности и другим признакам, район первого путешествия лунохода подобен типичным морским областям экваториальной зоны Луны.

Приборы, установленные на борту

«Лунохода-1», призваны исследовать не только лунную поверхность. В книге описаны первые результаты изучения космических лучей малых энергий и контроля уровня протонной активности Солнца, которые выполнялись на луноходе. С ноября 1970 по февраль 1971 г. наблюдалась сложная картина изменения интенсивности солнечных космических лучей. Особо интересно сопоставление результатов, полученных приборами «Лунохода-1» во время второго лунного дня, и аппаратурой станции «Венера-7», работавшей в то же время на расстоянии 60 млн. км от Луны. Отмечено уменьшение протонной активности Солнца после максимума в 1968—1969 гг.

Книга «Передвижная лаборатория на Луне — «Луноход-1» интересна не только для специалистов космической техники и планетных исследований. Многообразие затронутых в ней вопросов, обилие иллюстративного материала, несомненно, привлекут внимание самого широкого круга читателей.

Ю. Н. ЛИПСКИЙ  
доктор физико-математических наук

В. В. ШЕВЧЕНКО  
кандидат физико-математических наук

## Тематический указатель статей, опубликованных в журнале

### «ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ» в 1971 году

Аксенов А. А. — 50 лет советской океанологии	3	Громов В. В., Леонович А. К., Шварев В. В. — «Луноход-1» на Земле и на Луне	3
Бауман Э. И. — Хранение времени	4	Заморский А. Д., Батяева Т. Ф., Минина Л. С. — Бури и метеорологические спутники	5
Бреховских Л. М., Федоров К. Н. — Полигон-70. Эксперимент в океане	3	Кан С. И. — Морские прогнозы	2
Бронштэн В. А. — Происхождение астероидов	5	Кардашев Н. С., Матвеев Л. И. — Исследование структуры радиосточников	1
Булеков В. П., Сурков Ю. А., Шварев В. В. — Как взята грунт автоматическая станция «Луна-16»	2	Коваль И. К. — Планета Марс	5
Валничек Б. И., Тиндо И. П., Штарк Б. — В солнечном дозоре «Интеркосмос-4»	6	Крат В. А. — Солнце из стратосферы	5
Ведешин Л. А., Фаткин Н. И., Петряхин А. М. — «Вертикаль II»	3	Латун В. С. — Апвеллинг	1
Винник Л. П. — Шум Земли	4	Левантовский В. И. — Старт к планете — когда?	6
Гагарин Ю. А. — Чудо века — реальная действительность	2	Левин Б. Ю. — Происхождение Земли	6
Галкин И. Н. — Земля и... миллионы ее моделей	2	Лейтон Р. — Поверхность Марса	2
Гиндилис Л. М. — Межзвездные перелеты	5	Магомедов А. М., Шебалин Н. В., Шолпо В. Н. — Землетрясение в Дагестане	1
Гинзбург В. Л. — Что такое пульсары?	2	Маров М. Я. — Автоматические аппараты исследуют Венеру	3
Глушко В. П. — Из истории космонавтики	4	Марочник Л. С., Сучков А. А. — Чем объясняется спиральная структура галактик	1
Гневашев М. Н., Новикова К. Ф. — Солнечная активность и явления в биосфере	4	Мартынов Д. Я. — Что беспокоит астрофизиков	1

<b>Мартынов Д. Я.</b> — Астрономия середины XX столетия	3,4
<b>Масайтис В. Л.</b> — По следам космической катастрофы	5
<b>Мейюс Ж.</b> — Любопытное о солнечных затмениях	6
<b>Петров Б. Н.</b> — Десятилетие подвига Гагарина	2
<b>Пикельнер С. Б.</b> — Протуберанцы	5
<b>Радзиевский В. В.</b> — Что такое неклассические проблемы небесной механики	4
<b>Ризниченко Ю. В.</b> — Максимальные возможные землетрясения	5
<b>Родионов Б. Н.</b> — Космическая съемка	3
<b>Сидоренков Н. С.</b> — Часы, время и неравномерность вращения Земли	3
<b>Силин А. А., Шварев В. В.</b> — Взаимодействие лунного грунта с твердыми телами	6
<b>Сперанский К. Е.</b> — Лазерный отражатель на «Луноходе-1»	3
<b>Сперанский К. Е.</b> — Интеркосмос	4
<b>Стюарт Р. В.</b> — Атмосфера и океан	3
<b>Титов Г. С.</b> — Юрий Гагарин был первым	2
<b>Хрунов Е. В.</b> — Метеорология и полеты советских пилотируемых космических кораблей	6
<b>Хьюиш Э.</b> — Пульсары	2
<b>Шебалин Н. В.</b> — Парадоксы сильных землетрясений	1

## ЛЮДИ НАУКИ

<b>С. Н. Блажко</b> (К 100-летию со дня рождения)	1
<b>В. Г. Богоров (1904—1971)</b>	4
<b>А. П. Ганский</b> (к 100-летию со дня рождения)	3
<b>И. Кеплер</b> (К 400-летию со дня рождения)	6
<b>А. В. Пастухов</b>	2
<b>Е. Г. Швидковский (1910—1970)</b>	1

## ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ

<b>Айбулатов Н. А., Овчинников И. М.</b> — Южное отделение Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР	6
<b>Братийчук М. В.</b> — Наблюдения искусственных спутников Земли в Ужгороде	4
<b>Чистяков В. Ф.</b> — Уссурийская солнечная станция	2
<b>Шевченко В. В.</b> — Астрономия в Монголии	2

## СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

<b>Буланже Ю. Д.</b> — Московский форум геодезистов и геофизиков	6
<b>Вайсберг О. Л.</b> — Электрические поля в магнитосфере Земли	2
<b>Воронков Ю. С.</b> — У истоков практической космонавтики	2
<b>Егоренко Н. П.</b> — Юбилейный пленум океанологов	5
<b>Кондратьев К. Я.</b> — Исследования природной среды из космоса	3
<b>Корт В. Г.</b> — «Мир океана»	3
<b>Левитан Е. П.</b> — Юбилейный съезд ВАГО	2
<b>Маркелова Л. П.</b> — Международная космонавтика: приметы семидесятих годов	3
<b>Мартынов Д. Я.</b> — XIV съезд Международного астрономического союза	1
<b>Пушков Н. В.</b> — Ленинградский симпозиум по солнечно-земной физике	1
Ученые о проблемах геодезии и геофизики	6
<b>Шунайко И. И.</b> — Первые Гагаринские чтения	5

## ЭКСПЕДИЦИИ

<b>Васнецов В. А.</b> — Первое плавание «Персея»	3
<b>Гюберлет М.</b> — «Челленджер» (К 100-летию экспедиции)	2
<b>Чернов А. А.</b> — Быль о «Садко»	2

## ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

<b>Ефремов Ю. Н.</b> — Из чего образуются звезды?	4
<b>АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ</b>	
<b>Воронцов-Вельяминов Б. А., Арсентьев В. В.</b> — Астрономию — в типовые планы университетов	6
<b>Левитан Е. П.</b> — Новый учебник астрономии в ГДР	6
<b>Цесевич В. П., Палей А. Б.</b> — Как улучшить преподавание астрономии в педагогических институтах?	2

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

<b>Барабашов Н. П.</b> — Великое противостояние Марса 1971 года	3
<b>Войнов С. С.</b> — Юные любители астрономии Новосибирска	3
<b>Гаврилюк Т. Т.</b> — Школьный астрономический комплекс	4
<b>Гришин Ю. А.</b> — Самодельный фотогелиограф	4
<b>Докучаева О. Д.</b> — О чем пишут любители астрономии	6
<b>Лазаревский В. С.</b> — Астрономические явления в 1972 году	6
Любительская обсерватория за полярным кругом	5
<b>Перова Н. Б.</b> — Страничка наблюдателя переменных звезд	2—6
<b>Пшеничнер Б. Г.</b> — II Всесоюзная конференция юных любителей астрономии	5
<b>Сулковский К. Ф.</b> — Любители астрономии Ульяновска	2
<b>Черняк В. А.</b> — Астрономический кружок Ясеновской средней школы	1

## ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

<b>Подъяпольский А. Н.</b> — Универсальный телескоп-рефлектор	6
<b>Клейн А. К.</b> — Самодельный телескоп-рефрактор	6

## ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

<b>Цирков Б. М.</b> — Первая всемирная космическая выставка в Москве	5
--	---

## ФАНТАСТИКА

<b>Кларк А.</b> Стрела времени	1
<b>Сэндерс У.</b> — Договор	5

## КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

<b>Орлов В. А.</b> — Советская космическая филателия	1
<b>Орлов В. А.</b> — Первооткрыватель космоса на почтовых марках	2
<b>Орлов В. А.</b> — Иоганн Кеплер на марках	6
<b>Полонский В. В.</b> — Звездное небо на марках	4

## КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

<b>Бакулин П. И.</b> — «История календаря и хронология»	1
<b>Войнов С. С.</b> — «Переменные звезды и способы их исследования»	4
<b>Гильзин К. А.</b> — Маленькая энциклопедия «Космонавтика»	4
<b>Гиндилис Л. М.</b> — «Ура! Да здравствует контакт!»	2
<b>Лейкин Г. А.</b> — «География и геология Марса»	1
<b>Липский Ю. Н., Шевченко В. В.</b> — «Передвижная лаборатория на Луне — «Луноход-1»	6
<b>Самсоненко Л. В.</b> — «Механика космического полета в элементарном изложении»	3

## РАССКАЗ О ФИЛЬМЕ

«Здравствуй, лунный камень!»	1
Происходит сильное землетрясение	5

## ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

### НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Аномальная вода в облаках Венеры	3
Астрономическая ошибка на почтовых марках	4
Белый карлик в двойной системе звезд	3
Беспрецедентный подвиг — день за днем	4
Богат ли железом Плутон?	6
Важный Договор	3
Визуальные наблюдения Земли с борта корабля «Союз-9»	2
Возможный источник возбуждения космического инфракрасного излучения	6
Восьмиклассники знакомятся с элементами космонавтики и астрономии	5
Вспышки света в глазах космонавтов	2
Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза	3
Геомагнитное поле и биосфера	4
Граница Мохоровичича — поверхность или слой?	4
Десять рабочих дней «Лунохода-1»	5
Дно Карибского моря против гипотез	5
Доисторический человек проводил астрономические наблюдения?	6
Еще один вулкан на дне Средиземного моря	3
Еще одна близкая галактика	6
Запуск «Вертикали II»	6
Интервью с ветеранами океанологии	3
Ископаемый лед Гавайев	1
Как возникло деление Кассини?	6
Какой была плотность атмосферы Марса	5
Катастрофа — «красный прилив»	3
Квазары и скопления галактик	6
«Квинтет» Стефана оказался... «квartetом»	2
Комета Абе	1
Конгресс, сближающий прошлое и настоящее науки	6
Кувалдой... по метеориту	1
«Луна-18»	5
Луноход продолжает работать	4
Лунный микрометеорит	3

Масса и плотность астероидов	3
Меркурий на диске Солнца	1
Метеорные следы — индикаторы физического состояния верхних слоев атмосферы Земли	4
Можно ли обнаружить «черные дыры»?	6
Мощная вспышка на Солнце	4
Наблюдения кометы с ИСЗ	6
Награждение Института физики Земли орденом Ленина	4
Начало лунной сейсмологии	3
Неспokoйное дно океана	4
Новая программа по астрономии в школах ГДР	1
Новая малая планета	6
Новое о Марсе	4
Новое о природе Мохо	5
Новые звезды и образование пылевой материи	3
Новые советские старты к Марсу	4
Одной ракетой-носителем — восемь ИСЗ!	6
Осторожно... гипотезы!	1
Первые снимки Марса в период великого противостояния 1971 года	6
Перед шестой лунной ночью	3
Плата за удобства	1
Полет «Венеры-7» завершен	2
Полет «Аполлона-14»	3
Полет «Аполлона-15»	5
Полет космической системы «станция — корабль»	3
Предварительные научные результаты полета «Аполлона-14»	6
Прогноз землетрясений для Калифорнии	5
Ртуть в облаках Венеры?	3
Семинар лекторов в Ярославле	3
Следы прометия в звезде	6
Совещаются преподаватели астрономии Чехословакии	5
Солнечное затмение 25 февраля 1971 года	4
Солнечная активность и радиоизлучение Юпитера	6
Соляные отложения в Атлантике	3
Спутники — агроному	1
Самый старый лунный камень	1
Торнадо и атмосферное электричество	1
Фобос не падает на Марс	1
Хроника землетрясений	1-6
Читательская конференция в Горьком	4

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

### Редакционная коллегия

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ  
Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН  
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН  
Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук  
А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV,  
доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук  
В. Г. КОРТ, 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, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук  
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук  
К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ, доктор геол.-мин. наук  
Ю. М. ШЕЙНМАНН

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

Научно-популярный журнал  
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Адрес редакции: 117333,

Москва, В-333,

Ленинский пр., д. 61/1

тел. 135-64-81

135-63-08



Художественный редактор  
Л. Я. Шимкина

Корректоры: Н. Е. Затева,  
Г. Н. Нелидова

T-20120 Подписано в печать 2 XII 1971 г.  
Сдано в набор 30 IX 1971 г.  
Формат бум. 84×108<sup>1/8</sup>. Печ. л. 5,0(8,4).  
Уч.-изд. л. 9,8. Тираж 38.000 экз.  
Цена 40 коп. Заказ 2793



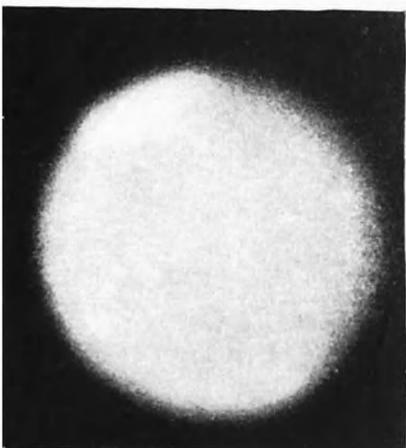
# МАРС

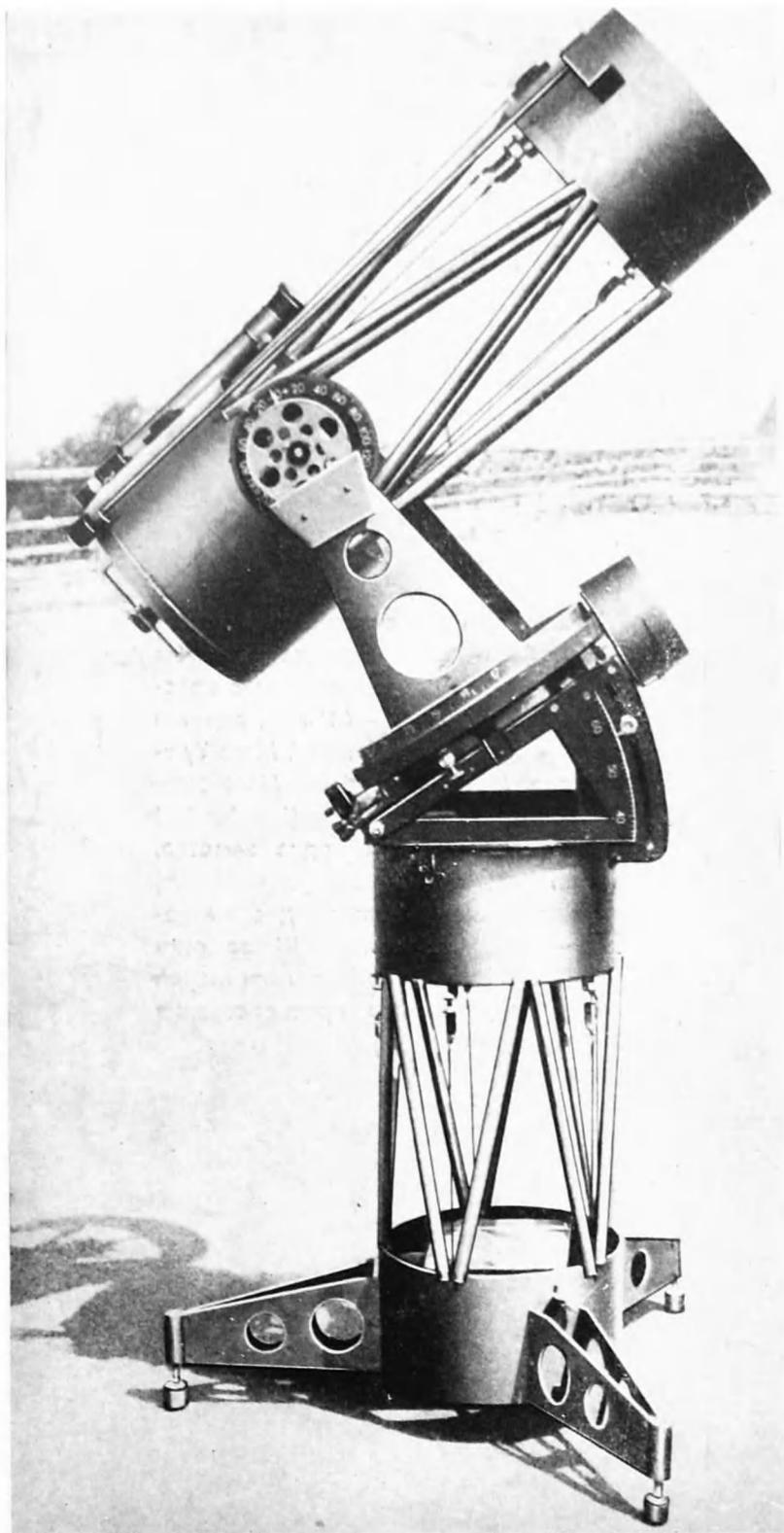
21–22 июля

1971 года



Эти фотографии Марса получены на 2-метровом телескопе Шемахинской астрофизической обсерватории. На верхнем снимке, сделанном с красным фильтром ( $\lambda = 6190 \text{ \AA}$ ), хорошо видна цепь южных морей Mare Tyrrhenum, Mare Cimmerium, Mare Sirenum. На снимке в центре ( $\lambda = 5010 \text{ \AA}$ ) цепь южных морей едва заметна, а на нижнем снимке ( $\lambda = 3600 \text{ \AA}$ ) единственные детали на диске Марса — полярные шапки. [К заметке И. К. Коваля «Первые снимки Марса в период великого противостояния 1971 года».]





Цена 40 коп.

Индекс 70336



Издательство  
«Наука»

Телескоп-рефлектор, построенный А. Н. Подъяпольским.  
(К статье «Универсальный телескоп-рефлектор».)