

**3** 1975 **ЗЕМЛЯ**  
**И**  
**ВСЕЛЕННАЯ**

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·  
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·

***Созвать очередной XXV съезд  
Коммунистической партии Советского Союза  
24 февраля 1976 года***

*(Постановление Пленума  
Центрального Комитета КПСС  
от 16 апреля 1975 года)*

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

# 3 МАЙ ИЮНЬ 1975

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

## В номере:

Г. А. Гурздян — «Орион-2»: ультрафиолетовые спектры слабых звезд	2
В. Д. Большаков, Н. П. Лаврова — «Салют-3» фотографирует Землю	8
В. В. Шевченко — Луна: 15 лет космических исследований	13
М. Ф. Ребров — Байконур — Канаверал: единая программа	21
А. И. Лазарев — Десять лет спустя	28
Я. Эйнасто — «Скрытая» масса в галактиках	32
В. С. Самойленко — Программы «ПИГАП» и «ТРОПЭКС» в действии	38
Ю. А. Волков, Е. М. Фейгельсон — Тепловой режим тропической атмосферы	45
А. Н. Косарев — Проблемы южных морей СССР	48
А. И. Дабижа, В. В. Федьнский — «Звездные раны» Земли и их диагностика геофизическими методами	56
Б. Ю. Левин, А. Н. Симоненко — История одного метеорита	65

## ЛЮДИ НАУКИ

Е. Л. Кринов — Доброволец народного ополчения	72
Л. А. Кулик — Палласиты в индийских сагах	73

## СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Ю. С. Геншафт, А. Я. Салтыковский — IV Всесоюзное вулканологическое совещание	77
---	----

## ЭКСПЕДИЦИИ

В. И. Цветков — Метеорит «не от того» болида	81
--	----

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ	85
-------------------	----

## АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

М. Л. Дивинский — Итоги олимпиады в Киеве и астрономическое образование	86
---	----

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

В. С. Лазаревский — Солнечные затмения в Москве	88
---	----

## КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Б. Н. Пановкин — «Планеты для людей»	90
Б. А. Максимаев — Книга о профессии космонавта	91
Г. А. Скуридин — Новое в космонавтике и астрономии	92

## НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вспышка сверхновой в двойной системе [20]; Новая Стрельца [36]; Природа V-образных хребтов на Луне [37]; Холодная пленка моря [55]; Малые газовые компоненты атмосферы [64]; Землетрясение в Карибском море [64]; Гигантский метеоритный кратер [70]; Пульсар в двойной системе [70]; Нейтринное излучение из космоса [71]; Загадочная туманность в Лебеде [71]; Новые книги [89]; Открытие крупного течения в Тихом океане [94]; Интенсивность геомагнитного поля в прошлом [94]; Смена полярности магнитного поля Земли [94]; В конце номера [95]; Мы изучаем Вселенную [96].



Член-корреспондент АН АрмССР  
Г. А. ГУРЗАДЯН

## «Орион-2»: ультрафиолетовые спектры слабых звезд

### БУДУЩЕЕ АСТРОНОМИИ — ВНЕАТМОСФЕРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Вывод телескопов за пределы земной атмосферы — давнишняя мечта астрономов. На Земле же они неустанно ведут поиски лучших с точки зрения астроклимата мест для своих обсерваторий. Уже стало привычным, когда очередная кампания по созданию нового крупного телескопа сопровождается не менее развернутой кампанией поиска места, где лучше установить инструмент. Астрономов не пугают ни огромные расстояния, ни высокие вершины, лишь бы найти, наконец, место, наиболее благоприятное для астрономических наблюдений. Так, астрономы американского континента и ряда европейских государств создают свои обсерватории и целые астрономические комплексы буквально на другом конце света — на снежных массивах Чили; французские и канадские ученые — в Тихом океане, на Гавайских островах. Самые крупные и великолепно оснащенные обсерватории США теперь строятся в пустынях Аризоны, астрономы Мексики взобрались на живописное, почти трехтысячечетровой высоты, плато мексиканской Калифорнии — Маунт Энкандада, сулящее большие надежды благодаря своим блестящим астроклиматическим условиям.

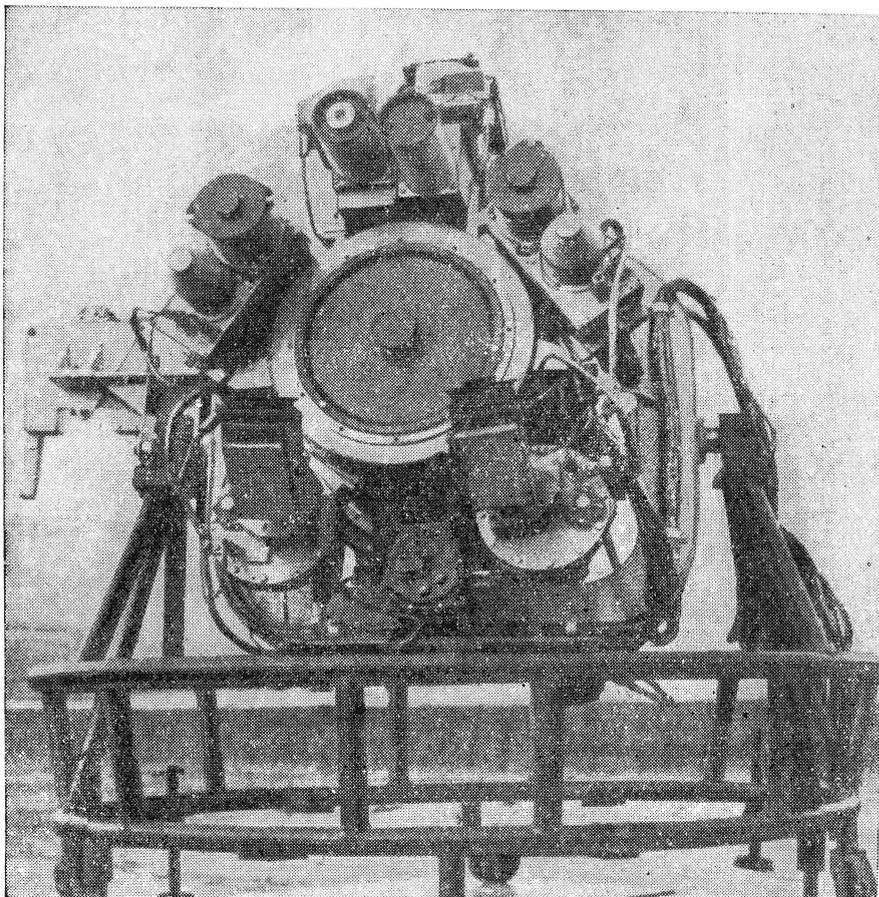
При огромном разнообразии методов и задач астрономических наблюдений заботы у всех астрономов одинаковы: чтоб небо было предельно прозрачное, чтоб стали доступными исследования в коротковолновом диапазоне, чтоб звезды не мерцали и, разумеется, было больше ясных, без-

**Десять тысяч ультрафиолетовых спектров звезд до 13-й величины и первая ультрафиолетовая спектрограмма планетарной туманности получены всего за пять дней работы на орбите советской астрофизической обсерватории «Орион-2».**

облачных ночей. Но даже в самых лучших астроклиматических условиях эти требования могут быть удовлетворены только частично. Например, мерцание звезд, которое вызывает столько волнений у астрометристов и электрофотометристов и является настоящим бичом на пути дальнейшего повышения разрешающей способности наших телескопов, в принципе не будет устранено до тех пор, пока наблюдения ведутся с поверхности Земли. Ведь даже в самых благоприятных условиях земная атмосфера ограничивает разрешающую способность телескопов одной секундой дуги. При полном же отсутствии мерцания, то есть в безвоздушном пространстве, современные телескопы в состоянии обеспечить угловое разрешение поистине фантастическое — сотые доли секунды!

А как быть с расширением диапазона длин волн в коротковолновую сторону, о чем так мечтают астрофизики? Предел наземных наблюдений, как известно, лежит примерно на длинах волн 3100—3200 Å. Чтобы продвинуться еще дальше в коротковолновую область хотя бы на несколько сот ангстрем, нужно поднять телескоп на десятки километров.

Таким образом, радикальное решение обеих проблем — резкое повышение разрешающей способности телескопов и практически неограниченное расширение рабочего диапазона длин волн с охватом ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма-лучей — напрашивается само по себе: необходимо вынести телескопы, спектрографы и прочую астрономическую аппаратуру за пределы земной атмосферы выше 100 км. Нет сомнений, что создание новых обсерваторий и разработка новых наземных телескопов будет ограничиваться по мере того, как вывод астрономических телескопов и целых обсерваторий на орбиту и их эксплуатация станут в техническом и материальном отношении доступны в широких масштабах. Что это действительно так, может свидетельствовать факт вовлечения в сферу серьезных внеатмосферных астрономических экспериментов, помимо мощных ракетных держав СССР и США, стран, не имеющих своих собственных ракет и ракетодомов — Голландии, Бельгии. Именно убежденность в исключительно широких перспективах внеатмосферной астрономии побуждает идти на внедрение колоссальных средств в эту отрасль науки, находящуюся в стадии становления. Достаточно сказать, что только в США ежегодно затраты на внеатмосферную астрономию составляют свыше 100 млн. долларов. Эта сумма на порядок превышает капиталовложения в наземную астрономию. Вместе с тем ни у кого нет сомнения, что внеатмосферная астрономия со временем станет делом вполне рентабельным и обыденным.



## АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ НА ОРБИТЕ

В последние годы были осуществлены два значительных эксперимента внеатмосферной астрономии. Успешно выполнена звездная программа наблюдений астрономическими приборами на американской космической станции «Скайлэб» и на советской орбитальной астрофизической обсерватории «Орион-2», установленной на космическом корабле «Союз-13».

Орбитальная обсерватория «Орион-2» была создана под руководством Гарнийской лаборатории космической астрономии (Армянская ССР) специально для получения ультрафиолетовых спектров многих слабых звезд в области длин волн 3000—2000 Å. Главное в этой обсерватории — 24-сантиметровый менисковый телескоп системы Максутава с объективной призмой

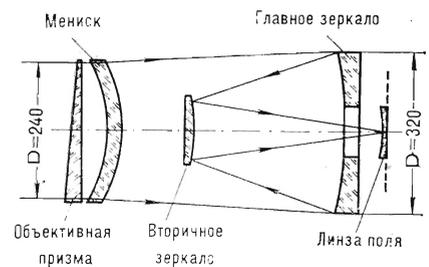
мой. Все его оптические элементы, включая зеркала, изготовлены из плавленного кварца. Фокусное расстояние телескопа 1000 мм. Его четырехградусная объективная призма обеспечивает на волнах 2000, 2500 и 3000 Å дисперсию, равную, соответственно, 170, 270 и 550 Å на миллиметр. В реальных условиях полета «Ориона-2», с учетом точности работы автономной следящей системы, это соответст-



*Орбитальная астрономическая обсерватория «Орион-2» перед отправкой на полигон*



*Оптическая схема менискового телескопа с объективной призмой, на котором были получены ультрафиолетовые спектры слабых звезд*

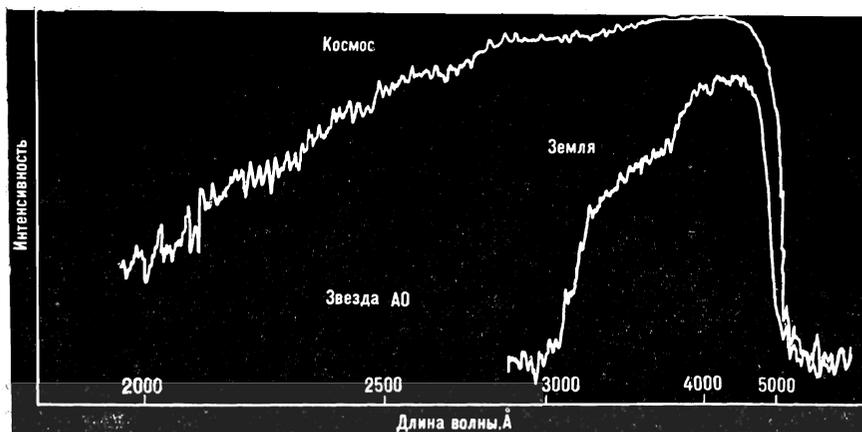


ствовало спектральному разрешению 8, 14 и 28 Å на тех же волнах.

Спектры фотографировались на пленку Кодак 103-O-UV, чувствительность которой в длинноволновой области ограничена 5000 Å. Благодаря этому удалось осуществить надежную привязку основной ультрафиолетовой части (3000—2000 Å) полученных спектров с видимой областью (3000—4000 Å) и представить окончательные результаты в абсолютной энергетической шкале.

Когда «Орион-2» после длительных и кропотливых наземных испытаний и гроверок был полностью готов к отправке на полигон для запуска в космос, его создатели не устояли перед искушением проделать один вполне очевидный и чуть забавный эксперимент. На Земле с помощью «Ориона-2» был получен спектр звезды спектрального класса A0. Позднее в космосе сфотографировали спектр звезды того же класса и блеска. «Земной» спектр резко обрывается на длине волны 3100 Å, «космический» простирается до 2000 Å в ультрафиолетовой области — таково преимущество орбитального телескопа перед наземным.

Полет «Союза-13» состоялся в декабре 1973 года. Обсерватория «Орион-2» была расположена на корпусе корабля и оказалась вне зоны видимости его экипажа. Во время работы «Ориона-2» командир корабля П. И. Климук обязан был удерживать корабль в состоянии медленной качки около некоторого среднего положения, а бортинженер В. В. Лебедев осуществлял дистанционную наводку обсерватории в заданную область неба и управлял ее работой. Экспонирова-



ние велось в режиме автоматического управления.

За пять дней работы на орбите «Ориону-2» удалось получить спектральные снимки многих тысяч звезд, а общее количество пригодных для обработки спектрограмм достигло 10 тысяч. В процессе подготовки эксперимента предполагалось, что на 24-сантиметровом телескопе «Ориона-2» можно будет сфотографировать ультрафиолетовые спектры звезд до 9,5 величины. В действительности, однако, оказалось, что подавляющее число спектрограмм принадлежит звездам слабее 10-й величины, а при 18-минутной экспозиции удалось получить спектры горячих звезд почти 13-й величины. Коротковолновая граница спектрограмм самых слабых звезд лежит на 2500 Å.

#### О ЧЕМ РАССКАЗАЛИ СПЕКТРЫ

По первоначальному замыслу «орионовские» спектрограммы должны были использоваться главным образом для изучения непрерывных спектров звезд в ультрафиолетовом диапазоне. Однако качество этих спектров оказалось настолько хорошим, что в некоторых случаях удалось исследовать и отдельные спектральные линии.

Приступая к обработке спектрограмм, мы первым делом решили проверить, в какой степени истинное излучение звезд в ультрафиолетовом диапазоне соответствует вычисленно-

му на основе теорий строения звездных атмосфер. Выяснилось, например, что для группы горячих звезд спектральных классов В и А, расположенных в созвездии Парусов (южная полусфера неба), найденные из наблюдений распределения энергии в ультрафиолетовом диапазоне хорошо согласуются с теоретически ожидаемым распределением.

Наряду с этим было обнаружено резкое отклонение наблюдаемого излучения от расчетного в определенных областях спектра. У звезд класса А отклонение имеет отрицательный знак (депрессия), у звезд класса В, обладающих газовыми оболочками, — положительный (инверсия). Нам удалось показать, что эти отклонения вызваны эффектом блендирования — слияния спектральных линий поглощения в первом случае и эмиссионных — во втором.

«Орионовские» спектральные снимки позволили выработать принципиально новый способ спектральной классификации звезд без использования линий поглощения. Он основан на форме и протяженности ультрафиолетовых спектров. Предложенный метод окажется весьма эффективным

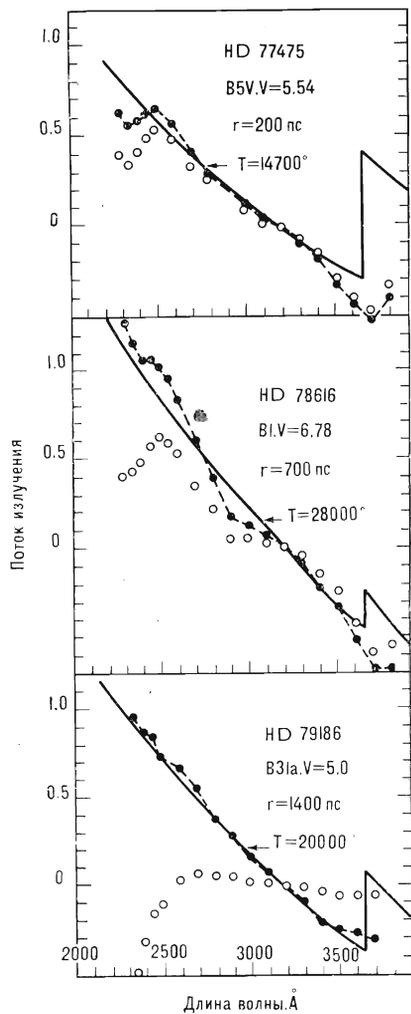
*Запись спектров звезд класса А0, полученных «Орионом-2» на Земле и в космосе. Коротковолновая граница спектра определяется в первом случае пропусканием земной атмосферы, во втором — пропусканием кварцевой оптики телескопа*

для звезд слабее 10-й величины, ибо получение их щелевых спектрограмм, необходимых для классификации, связано с большими трудностями. Уже сейчас развернута большая работа по классификации этим способом нескольких тысяч слабых звезд в созвездиях Возничего, Кассиопеи и др.

«Орион-2» выявил много «ультрафиолетовых» звезд — объектов, непрерывный спектр которых, по крайней мере до 2500 Å, довольно сильный. Одна группа примерно из 20 таких звезд слабее 10-й величины обнаружена недалеко от Капеллы. Наблюдаемое распределение энергии в их спектрах соответствует температуре выше 20 000° К. Вместе с тем, это — не типичные горячие гиганты с абсолютной светимостью —4 или —3 звездной величины; абсолютная светимость «ультрафиолетовых» звезд очень мала. Среди известных нам высокотемпературных звезд трудно отыскать объекты такой низкой абсолютной светимости.

Спектры, полученные орбитальной обсерваторией «Орион-2», позволили нам также вывести эмпирический закон межзвездного поглощения в ультрафиолетовом диапазоне. Установлено, что на волнах длиннее 2700 Å межзвездное поглощение увеличивается обратно пропорционально длине волны (по закону  $\lambda^{-1}$ ), затем оно растет еще быстрее (пропорционально  $\lambda^{-1,5}$ ), достигает максимума примерно на 2200 Å и на более коротких волнах уменьшается. Такой характер поглощения свойствен частицам графита почти сферической формы.

Большой популярностью среди астрофизиков пользуется резонансный дублет ионизованного магния с дли-

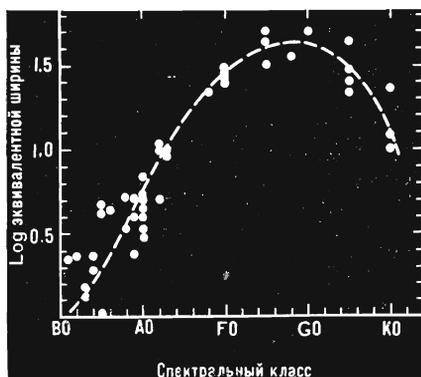
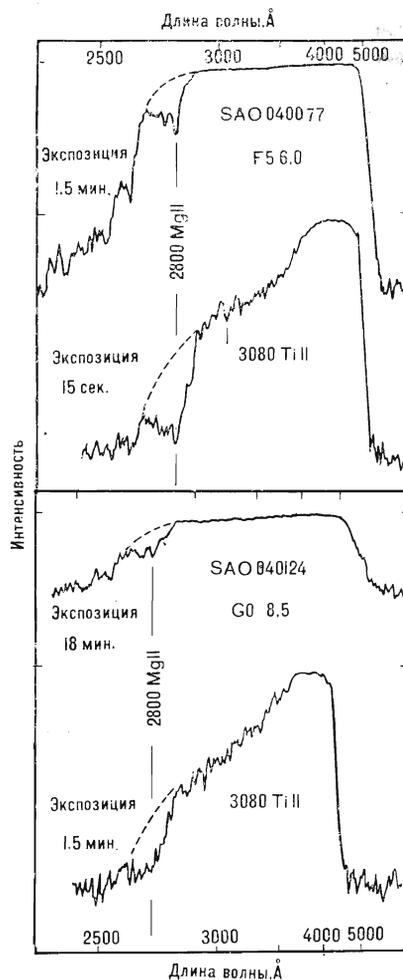
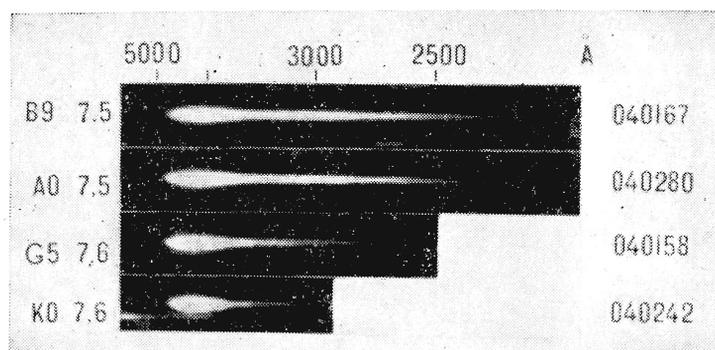


Сопоставление наблюдаемых (кружки) и исправленных за эффект межзвездного поглощения (точки) величин потоков излучения звезд в диапазоне длин волн 3700—2000 Å в стереотипически ожидаемым распределением (сплошные линии). Наблюдения этих горячих звезд в созвездии Парусов выполнил «Орион-2». Указаны номер звезды по Дрэнперовскому каталогу Гарвардской обсерватории (HD), спектральный класс, звездная величина, расстояние до звезды и ее температура

Эмпирическая зависимость, найденная по данным «Ориона-2», между эквивалентной шириной дублета ионизованного магния 2800 MgII и спектральным классом звезды. Эта зависимость может быть использована для спектральной классификации звезд

Ультрафиолетовые спектры звезд ранних спектральных классов. Протяженность спектра сильно зависит от эффективной температуры или спектрального класса звезды. Снимки сделаны «Орионом-2» с экспозицией 1,5 минуты. Номера звезд справа указаны по каталогу Смитсоновской астрофизической обсерватории (SAO)

Ультрафиолетовые спектры двух звезд спектрального класса F5 и G0, полученные «Орионом-2» с различными экспозициями. Видна широкая и мощная депрессия в непрерывном спектре около 2800 Å. Это — сильная линия поглощения ионизованного магния



ной волны 2800 Å — чувствительнейший индикатор физических условий в звездных атмосферах. Еще сравнительно недавно его обнаружили и измерили в спектрах всего трех десятков звезд ярче 4-й величины. «Орион-2» дал возможность развернуть поиски, отождествить и измерить этот дублет и в спектрах многих сот звезд, к тому же довольно слабых (до 10—12-й величины) и охватывающих все спектральные классы.

Обработка этого материала уже сейчас позволила сделать немало интересных выводов и установить ряд закономерностей, касающихся поведения дублета ионизованного магния в звездных спектрах. Оказывается, форма и мощность дублета, а также структура непрерывного спектра на волне 2800 Å существенно разные у звезд различных спектральных классов. Этот дублет достигает наибольшей силы у звезд классов F5—G0, образуя широкую (до 200 Å) и мощную депрессию в их непрерывном спектре. Депрессия настолько мощная, что по сути дела приводит к резкому обрыву непрерывного спектра на волне 2800 Å. Было установлено существование эмпирической зависимости между эквивалентной шириной дублета ионизованного магния с длиной волны 2800 Å и спектральным классом (то есть эффективной температурой) звезды. Эту зависимость можно использовать, в частности, для спектральной классификации звезд, а также для изучения физических условий в верхних слоях звездных фотосфер. Наконец, в спектрах далеких горячих звезд на волне 2800 Å была обнаружена линия ионизованного магния межзвездного происхождения.



#### ПЛАНЕТАРНАЯ ТУМАННОСТЬ В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

К числу интересных результатов, полученных «Орионом-2», следует отнести первую в астрофизической практике ультрафиолетовую спектрограмму планетарной туманности IC 2149 и ее ядра. В спектре этой крошечной по видимым размерам туманности много эмиссионных линий, часть которых удалось отождествить. Особый интерес представляют эмиссионные линии, принадлежащие резонансному дублету ионизованного алюминия (длина волны 2669 Å) и одному мультиплету ионизованного титана (длина волны около 3080 Å). Кстати, доказательство того, что в планетарных туманностях встречаются алюминий и титан, получено впервые. Это уже немало, если вспомнить, что за 50 лет интенсивного изучения планетарных туманностей в них было обнаружено всего 17 химических элементов.



*Ультрафиолетовая спектрограмма планетарной туманности IC 2149 и ее ядра, полученная «Орионом-2» (подъем спектра выше пунктирной кривой обусловлен наложением спектра слабой соседней звезды). Видны многочисленные эмиссионные линии и среди них — линии алюминия и титана, обнаруженные в туманностях впервые*

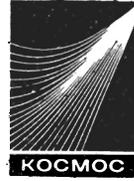
В спектре туманности видны мощные эмиссионные линии ионизованного и нейтрального магния с длиной волны 2800 и 2852 Å. Заметим, что до сих пор магний был зарегистрирован в спектре лишь одной планетарной туманности NGC 7027, и то как очень слабая линия с длиной волны 4571 Å.

Сравнительно недавно теоретики предсказали, что в спектре планетарных туманностей должен быть дублет трижды ионизованного неона с длиной волны 2400 Å. Эта линия как будто есть в спектре IC 2149. Любопытно, что, согласно расчетам, она должна быть самой сильной линией трижды ионизованного неона и одной из сильнейших в спектрах туманностей вообще.

Ядро туманности IC 2149 — звезда класса O7. Ее ультрафиолетовая спектрограмма указывает на очень высокую температуру — выше 50 000° K. Вместе с тем, в области 2600—2200 Å обнаружен избыток излучения, природа которого не ясна.

#### ХРОМОСФЕРА ХОЛОДНЫХ ЗВЕЗД

Интересные сведения получил «Орион-2» и об очень холодных звездах. В частности, удалось обнаружить хромосферу у звезд поздних спектральных классов. В ультрафиолето-

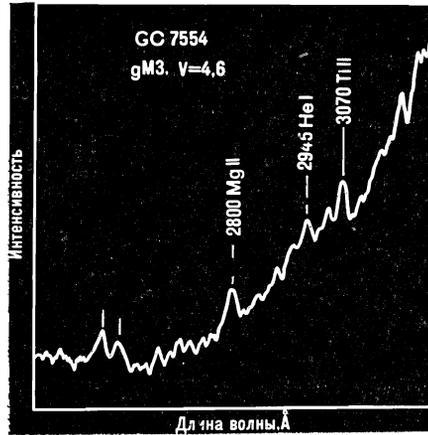


вом спектре звезды-гиганта GC 7554 класса M3 отчетливо видны эмиссионные линии ионизованного магния (длина волны 2800 Å), нейтрального гелия (длина волны 2945 Å) и ионизованного титана (длина волны 3080 Å). Эти эмиссионные линии могут возбуждаться только при температуре 20 000° K, то есть в хромосфере звезды. Так линии излучения помогли выявить хромосферу звезды. Заметим, что эмиссионная линия ионизованного магния с длиной волны 2800 Å была зарегистрирована также ОАО-2 в спектрах нескольких холодных звезд.

В спектре еще одной звезды SAO 040769 класса G5 все перечисленные выше линии оказались эмиссионными. Очевидно, мы имеем дело со звездой, у которой аномально мощная хромосфера, так как в большинстве случаев дублет ионизованного магния наблюдается в спектрах звезд класса G5 как линия поглощения.

Относительная мощность хромосферы у этих очень холодных звезд оказалась на несколько порядков больше по сравнению с относительной мощностью солнечной хромосферы. Отсюда следует, что, во-первых, физические условия в хромосфере и само ее существование не зависят от спектрального класса, то есть от температуры звезды. Во-вторых, нагрев хромосферы не имеет теплового характера и, скорее всего, вызван частицами высокой энергии — продуктами ядерного распада, протекающего во внешней атмосфере звезды.

Просматривая «орионовские» спектрограммы, приходится сплошь и рядом обращать внимание на необычную структуру или состав спектра той



или иной звезды. Такие объекты, по-видимому, можно собрать под общую рубрику «странных» звезд, хотя сами они, как правило, сильно отличаются друг от друга. Спектр одной звезды 12,6 величины пересечен многочисленными эмиссионными линиями, две из которых — линия ионизованного магния (длина волны 2800 Å) и ионизованного титана (длина волны 3080 Å) — резко выделяются. Среди остальных нет запрещенных линий, нет также линий, характерных для звезд Вольфа — Райе, Ве и т. д. Распределение энергии в спектре указывает на высокую температуру звезды,

■  
*Коротковолновый конец ультрафиолетового спектра холодной звезды класса M3 (температура около 3000° K). Хромосферные эмиссионные линии ионизованного магния 2800 MgII, нейтрального гелия 2945 HeI и ионизованного титана 3080 TiII возбуждаются только в среде с температурой порядка 20 000° K*

выше 30 000° K, но ее абсолютная светимость мала. Очевидно, потребуются дополнительные исследования, прежде чем удастся сделать окончательные выводы о природе этого объекта.

У другой звезды — SAO 077308 спектрального класса B1e обнаружена странность другого рода: аномально большая интенсивность эмиссионной линии с длиной волны 2520 Å, по всей вероятности принадлежащей нейтральному кремнию. Эта аномалия проявляется особенно ярко, когда сравнивается спектр этой звезды вблизи 2500 Å со спектром другой звезды — ξ Тельца спектрального класса B2e, у которой линия кремния имеет нормальную интенсивность.

По-видимому, существуют газовые оболочки вокруг некоторых горячих звезд с аномально высоким содержанием кремния. Чем это вызвано и какое отношение может иметь подобный факт к физике, структуре и эволюции звезд трудно сказать. Примеров таких «странных» звезд немало.

Обработка материалов, полученных «Орионом-2», продолжается, многое еще предстоит сделать. Однако уже сейчас чувствуется, что наши представления и воззрения, касающиеся структуры, состава и физических процессов, протекающих в атмосферах звезд и в окружающих их газовых оболочках, во многом нуждаются в пересмотре.



Доктор технических наук  
В. Д. БОЛЬШАКОВ  
Кандидат технических наук  
Н. П. ЛАВРОВА

## «Салют-3» фотографирует Землю

Как известно, пилотируемая орбитальная научная станция была выведена на околоземную орбиту 25 июня 1974 года. Продолжительность ее функционирования составила семь месяцев, что более чем в 2 раза превысило первоначально запланированную программой полета. Длительный орбитальный полет станции «Салют-3» [25 июня 1974 года — 24 января 1975 года] позволил выполнить значительный объем научно-технических исследований и экспериментов, результаты которых будут использованы в интересах науки, народного хозяйства и при создании новых космических систем. В различных режимах полета изучались аэродинамические, баллистические, динамические характеристики станции, исследовались характеристики радиотехнических средств, параметры теплообмена и энергопитания. При полете станции «Салют-3» проведены успешные испытания усовершенствованной конструкции бортовых систем и аппаратуры. Решен ряд новых инженерно-технических задач, в том числе отработана высокоточная многорежимная система управления с бортовым вычислительным комплексом, система энергопитания с поворотными панелями солнечных батарей, усовершенствованная система терморегулирования, автономная система навигации, радиотехнические системы.

Полет «Салюта-3» — важный шаг в создании пилотируемых научных орбитальных станций и практическом использовании их для науки и народного хозяйства. Космонавты П. Р. Попович и Ю. П. Артюхин во время пятнадцатисуточного пребывания на

борту «Салюта-3» [5 июля — 19 июля 1974 года] получили уникальные фотографические снимки земной поверхности, о которых рассказывается в предлагаемой читателю статье.

### ФОТОСЪЕМКА ИЗ КОСМОСА

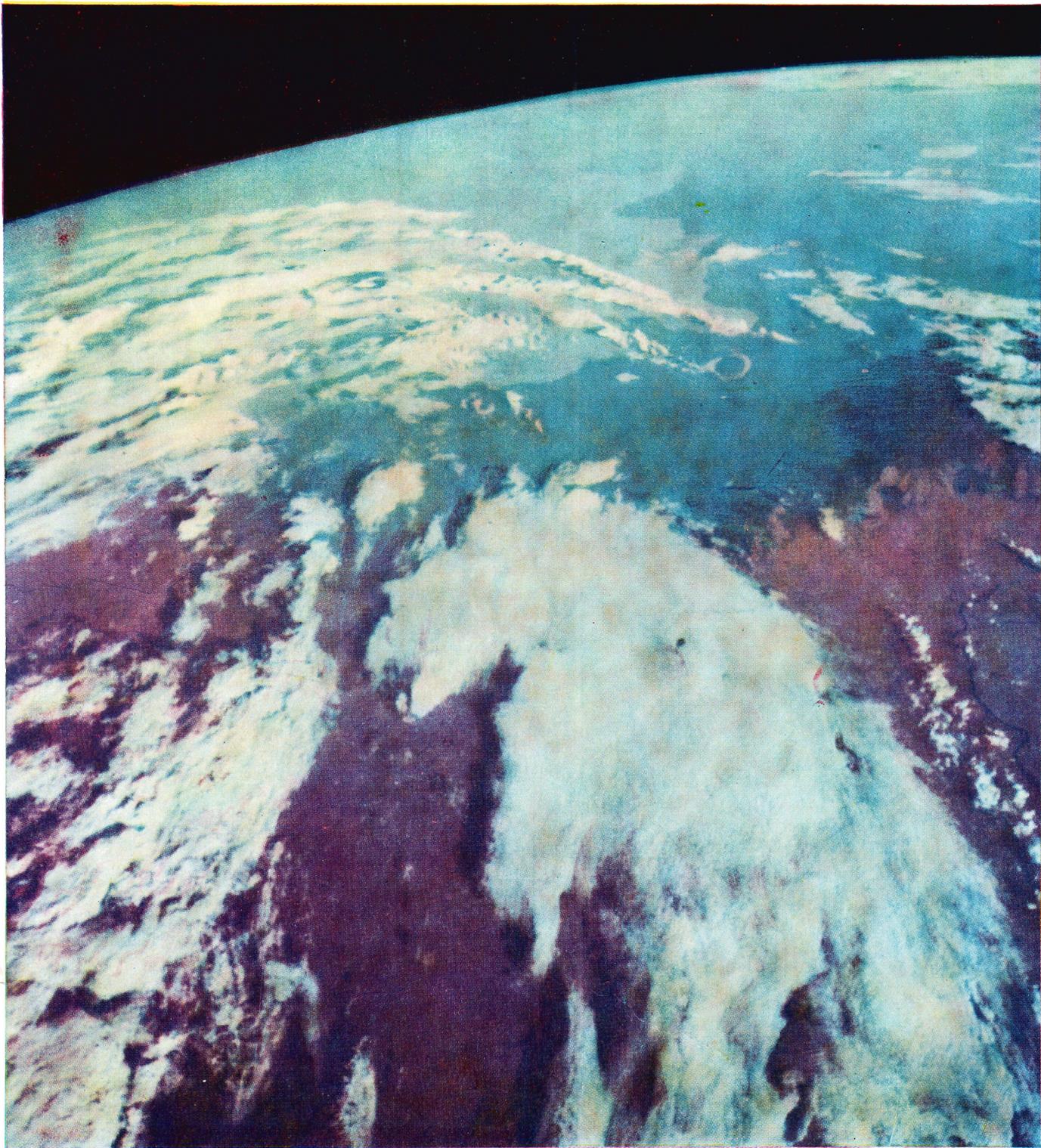
Космическая фотосъемка стала сегодня одним из самых главных методов комплексного изучения нашей планеты. Богатство современных технических средств помогает получать разнообразные космические фотографии для научных целей. Например, для исследования природных ресурсов используют три вида снимков: черно-белые, спектральнозональные (в условных цветах) и цветные. Получают их фотосъемочными камерами с обычной регистрацией изображения на соответствующую пленку методом прямого оптического проектирования. Применяются многообъективные камеры и многокамерные съемочные системы, что дает возможность охватить видимую и ближнюю инфракрасную части спектра.

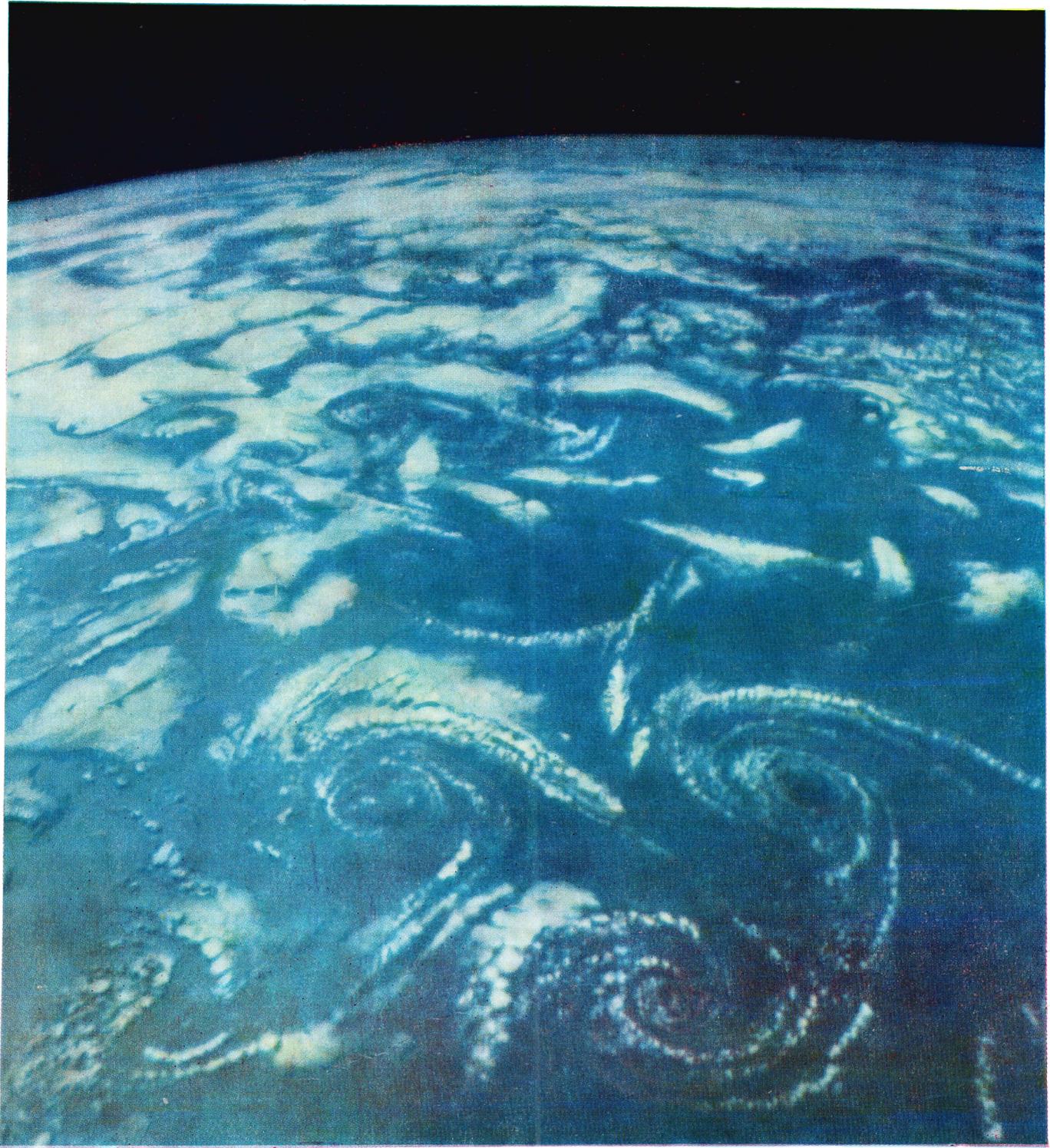
Главное преимущество космических фотографий — их глобальность, большая обзорность и повышенная точность. Именно эти факторы определили внедрение материалов космических съемок в геодезию, геологию и другие науки.

Помимо исследовательских работ, цветные, спектральнозональные и черно-белые космические снимки используют для геологических и топографических карт, по которым проводится физико-географическое районирование.

Картографический материал необходимо выполнять в очень короткие сроки. И в этом также одно из преимуществ космической съемки — она повышает эффективность, качество и производительность работ. О важности фотографических экспериментов говорит тот факт, что материалы космической съемки применяют при решении самых разнообразных задач. Картографирование в мелких и сверхмелких масштабах, обновление карт, съемка труднодоступных для топографов участков земной поверхности, решение региональных и глобальных теоретических проблем геологии, исследование природных ресурсов Земли, исследования облачных образований, циклонов, тайфунов и прогно-

■  
*Земля из космоса — территория Советского Союза. Сквозь слои облачных образований просматривается Прикаспийская низменность, северная и восточная части акваторий Каспийского моря с четко очерченной береговой линией, русло реки Волги, ее дельта. К востоку от дельты Волги на фоне сплошного облачного покрова заметно темное пятно — «глаз» циклона — область наиболее пониженного давления. Растительный покров в пределах Прикаспийской низменности, включая дельту реки Волги, на снимке можно различить по красным и пурпурным пятнам; водная гладь Каспийского моря имеет голубой тон, облачность — от светло-серого до ярко-белого. Снимок получен 17 июля 1974 года с борта пилотируемой орбитальной научной станции «Салют-3» экипажем в составе командира корабля П. Р. Поповича и бортиженера Ю. П. Артюгина*







зирование погоды, исследования в сельском хозяйстве, правильное планирование землепользования, исследования в области гляциологии и тектоники — это далеко не полный перечень всех проблем, которые могут решаться с привлечением материалов космических съемок.

На снимках, полученных с больших высот, можно проследить крупные глубинные разломы, к которым часто приурочены месторождения полезных ископаемых. По ним можно вычислять площадь, покрытую снегом, и подсчитывать запасы пресной воды. Особенно эффективно спектрально-нальные снимки помогают судить о состоянии лесов по изменению спектральных характеристик, определять зоны поражения лесов вредителями по изменению цвета той или иной породы деревьев, а значит, предупреждать массовую гибель зеленых массивов.

*Земля из космоса — акватория восточной части Атлантического океана. На первом плане — над необозримым пространством океана, сливаясь, закручиваются отдельные спирали слоисто-кучевых облаков. На втором плане — до линии горизонта простирается мощный покров облачности с незначительными просветами морской глади. Тон изображения облаков неоднородный — от голубовато-беловатого до ярко-белого. Уникальный снимок выполнен 17 июля 1974 года с борта пилотируемой орбитальной научной станции «Салют-3» экипажем в составе командира корабля П. Р. Поповича и бортинженера Ю. П. Артюхина*

## НАУЧНОЕ ФОТОГРАФИРОВАНИЕ В ПОЛЕТЕ «САЛЮТА-3»

Основными задачами научных фотографических экспериментов, проводимых в полете орбитальной станции «Салют-3», были: получение материала для создания карт разного масштаба земной поверхности и опорных геодезических сетей, уточнение имеющегося картографического материала, определение формы и размеров Земли, коэффициентов яркостей материков, морей и океанов, различных видов облачности и других объектов Земли, изучение атмосферы и околоземного космического пространства, а также природных ресурсов Земли по снимкам мелкого масштаба и др.

Аппараты для выполнения космической фотосъемки должны обладать высокими измерительными и изобразительными качествами. Ведь съемочная аппаратура в космосе движется очень быстро, а это предъявляет соответствующие требования к тому, чтобы устранить влияние сдвига изображения и создать высокоскоростные затворы с минимальным инерциальным моментом. Есть и еще одно требование — максимальная автоматизация съемочного процесса. В полете необходимо автоматически включать аппарат в заданной точке орбиты и изменять интервал фотографирования в зависимости от изменения высоты полета, менять выдержку при изменении освещенности, автоматически сменять светофильтры при съемке на пленки различной спектральной чувствительности, точно фиксировать время фотографирования.

Аппаратура, установленная на пилотируемой станции «Салют-3», отве-

чала всем требованиям. Экипаж корабля «Союз-14» — летчики-космонавты Павел Романович Попович и Юрий Петрович Артюхин выполнили с орбитальной станции многозональную съемку на цветные, спектральнональные и черно-белые пленки и получили уникальные космические снимки в разных зонах спектра.

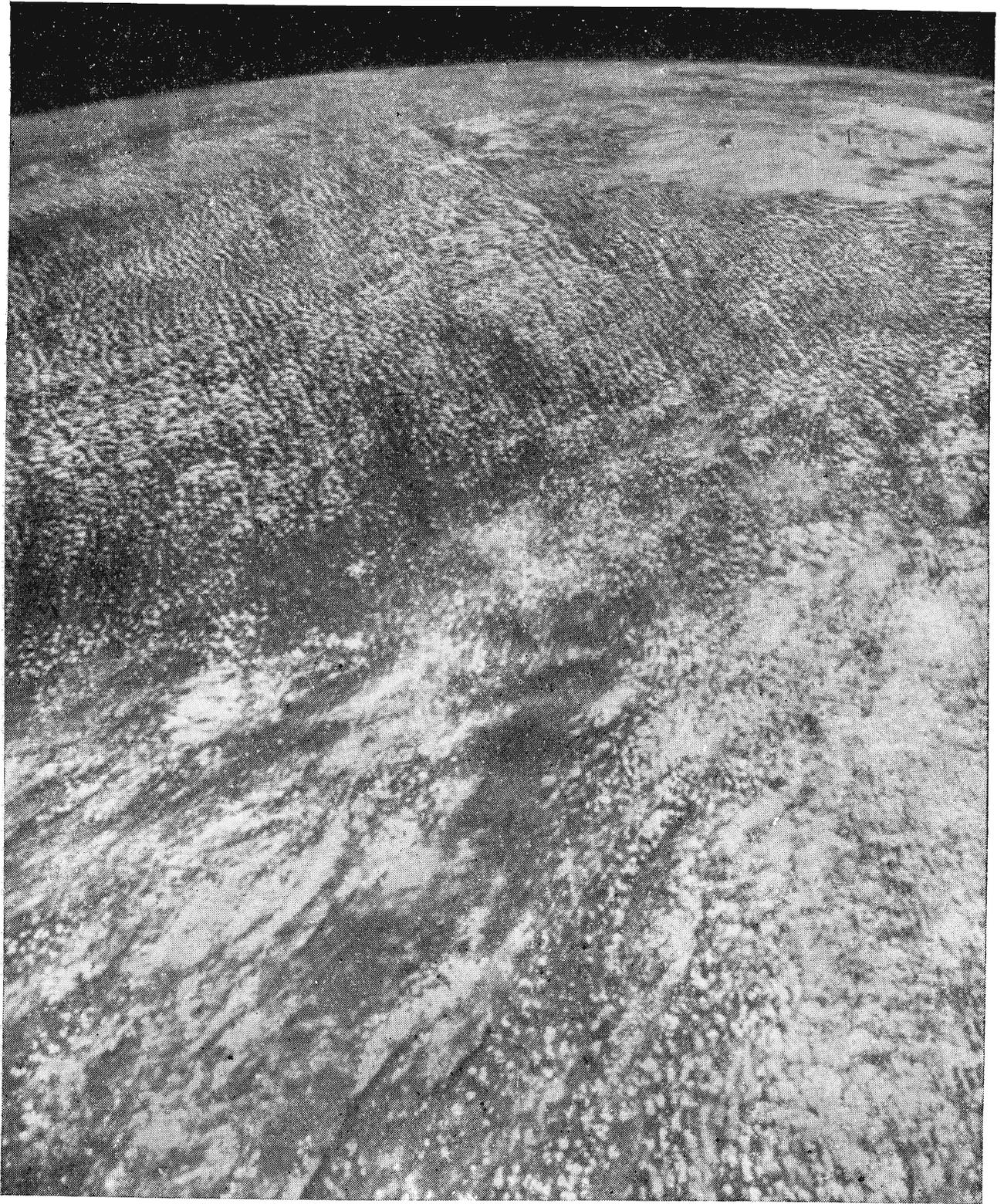
## СНИМКИ «РАССКАЗЫВАЮТ»

Резко переменные условия освещения объектов, разная отражательная способность, различные спектральные характеристики фотографических пленок и другие изменяющиеся факторы — все это требовало четких действий экипажа. С борта орбитальной научной станции «Салют-3» были получены высококачественные фотографии.

В интересах метеорологии, картографии, океанологии и других наук проводилась космическая съемка на цветные материалы. Информативность фотографий при цветной съемке повышается благодаря дополнительному дешифровочному признаку — цвету: глаз человека может различать большое количество цветовых градаций. Цветной космический снимок часто несет больше информации, чем черно-белый.

Спектральная чувствительность цветных аэропленок имеет три максимума — в синей, зеленой и красной областях спектра. Воспроизводятся объекты в цветах, близких к натуральным.

На снимке (см. цветную вклейку к стр. 8), полученном со станции «Салют-3», изображена территория Советского Союза в районе дельты ре-



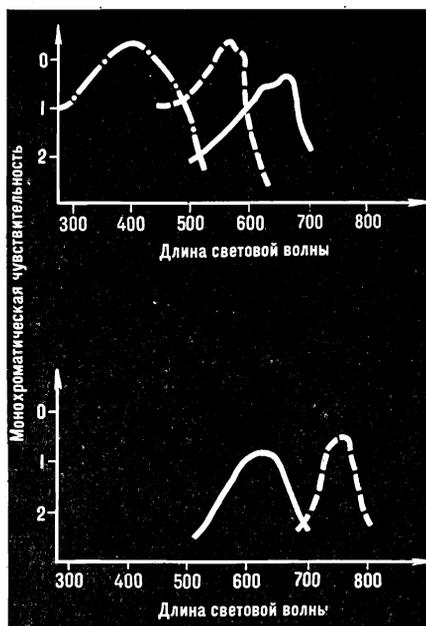
ки Волги. Отчетливо просматривается северная и восточная части акватории Каспийского моря с резко очерченной береговой линией, полуостров Мангышлак, Прикаспийская низменность, река Волга, ее дельта. На значительной части фотографии — изображение облачных образований различной структуры.

На снимке особое место по своему отображению занимает долина реки Волги на участке Волгоград — Астрахань: наряду с основным руслом реки безошибочно дешифруется Ахтуба и другие многочисленные рукава Волги. Благодаря резкому цветовому контрасту хорошо выделяются пойменный и надпойменный уровни реки с мощной дельтой.

Растительный покров наиболее пониженной, обводненной части речной долины, включая дельту, окрашен красноватым цветом, степные районы — пурпурным, водная гладь Каспийского моря — голубым.

Облачные массивы — скопления облаков — имеют неправильную форму или вытянуты в гряды, по периферии которых, как бы обрамляя их с востока и северо-востока, хорошо различается отбрасываемая ими тень. На

*Земля из космоса — облачные образования. На снимке отчетливо видны отдельные кучевые облака, которые выстраиваются в гряды. В южной части снимка — облачные элементы, напоминающие гальку. Снимок получен 17 июля 1974 года с борта пилотируемой орбитальной научной станции «Салют-3» экипажем в составе командира корабля П. Р. Поповича и бортинженера Ю. П. Артюгина*



фоне сплошного (наибольшего по площади) облачного покрова видно темное пятно — «глаз» циклона — область наиболее пониженного давления.

Много вопросов по определению пространственно-временных характеристик можно решить, исследуя космические снимки океанов. В частности, — глубины океанов и морей, характер облачных образований, управляющих метеорологической обстановкой. Цветные фотографии разных районов земного шара помогли выяснить спектральные характеристики атмосферы и океана. На цветном снимке акватории восточной части Атлантического океана (см. вклейку к стр. 9) изображена серия облачных вихрей. У северо-западного побережья Африки — облачный вихрь, состоящий из нескольких облачных спиралей, слившихся друг с другом, и окруженный безоблачным или малооблачным пространством.

Космическая съемка на черно-бе-

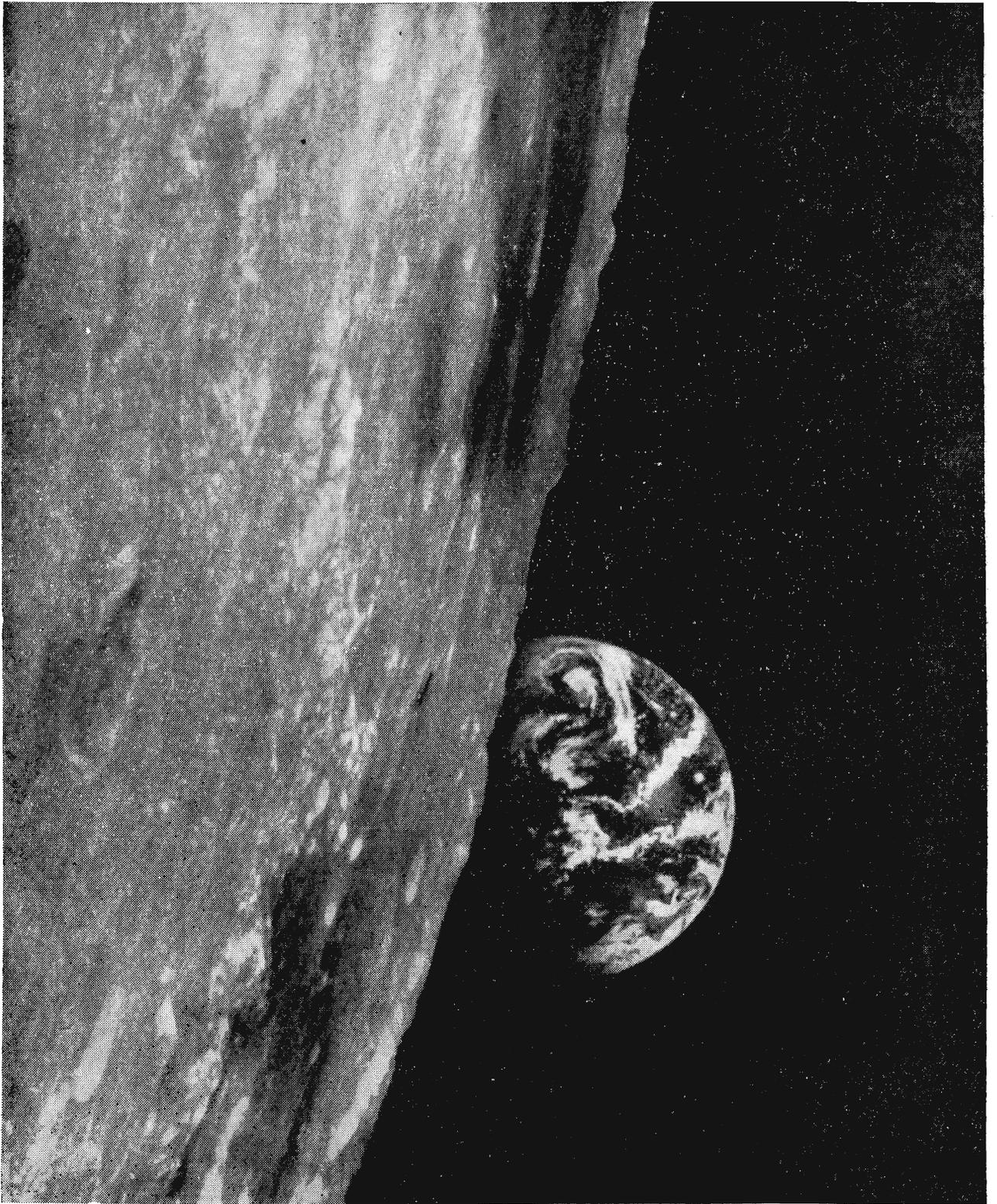
*Кривые спектральной чувствительности фотопленки ЦН-3*

*Кривые спектральной чувствительности фотопленки СН-6*

лые материалы сокращает сроки создания различных карт и помогает провести комплексные исследования природных ресурсов Земли.

Известно, какую важную роль при изучении закономерностей метеорологических явлений имеют космические снимки. Анализ фотографических и телевизионных изображений облаков дает возможность судить о погоде на значительной территории, установить взаимосвязь отдельных явлений, определить мощность и скорость распространения циклонов и т. д. Например, на снимке (стр. 10) хорошо видны облачные образования в виде гряд, каждая из которых представляет собой совокупность отдельных кучевых облаков, вытянутых в одном направлении. Отчетливо различаются промежутки между грядами. Образование такой «упорядоченной» облачности связано с быстрым перемещением холодных масс воздуха над теплой подстилающей поверхностью. В северной, центральной и южной частях сфотографированного района — в просветах между грядами облаков просматривается подстилающая поверхность с развитой эрозийной сетью.

Космические съемки, выполненные экипажем пилотируемой орбитальной станции «Салют-3», дали специалистам исключительно интересные фотоматериалы. Обработка их еще не закончена, но и сейчас уже можно сказать, что они принесут геологам, метеорологам, геодезистам и представителям других наук много интересного о нашей планете. Каждый научный фотографический эксперимент в космосе — это очередной шаг к познанию Вселенной.



## Луна: 15 лет космических исследований

### ЛУНА ДО ПЕРВЫХ ЛУННИКОВ

Нет необходимости доказывать, что грандиозные успехи в исследованиях Луны космическими средствами были подготовлены всей историей изучения нашего естественного спутника. Проводя наблюдения с Земли, астрономы по мере возможности пытались создать более полное и достоверное представление о природе Луны. Если ряд вопросов остался к началу космической эры без ответов, то причины этого носят объективный характер. Наша отечественная наука в тот период отличалась постоянным и целенаправленным интересом к лунным проблемам. Многие фундаментальные работы, выполненные советскими астрономами, были практически единственными в мире до поры, пока прогресс космической техники не вызвал ответную волну интенсивных наземных исследований Луны на зарубежных обсерваториях.

Вследствии наземных исследований нашли удачные формы сочетания с космическими экспериментами, взаимно дополняя и обогащая друг друга. Косвенные методы, являвшиеся основным инструментом астрономов, не всегда обеспечивали однозначность ответа. И большая часть астрофизической информации о лунной поверхности засверкала новыми гранями лишь после того, как появилась возможность сопоставления с результатами прямых анализов.

Наземные исследования пытались дать ответ на вопрос о глобальном

**После того как в 1959 году первый советский космический аппарат пролетел вблизи Луны, автоматические станции сфотографировали всю ее поверхность, доставили образцы лунного грунта в земные лаборатории, на Луне работали самоходные аппараты и побывали люди.**

строении лунного шара. С Земли (если учитывать и либрационные зоны) доступно обозрению 59% всей поверхности Луны. Некоторые особенности строения краевой зоны и предположение о симметрии видимого и обратного полушарий использовались для прогнозирования рельефа невидимого с Земли полушария. Всего лишь за два года до получения первых снимков из космоса один английский астроном опубликовал предполагаемую карту обратной стороны, на которой почти всю северную часть диска занимал огромный «Океан Антиподов»...

Относительно механических свойств лунного грунта высказывались самые различные гипотезы — от многометрового слоя сыпучей и «текучей» пыли до твердых скальных пород. Однако существовала и модель, довольно близкая к реальности. Согласно этой модели, грунт Луны состоял из раздробленных пород, образующих весьма неровную поверхность.

Разнообразным был и химический состав предполагаемых аналогов лунных пород. Но среди десятка называвшихся претендентов неизменно фигурировали базальты, которые в конце концов оказались наиболее близкими «родичами» лунного вещества.

Таким образом, передавая космической технике эстафету новейших открытий на Луне, наземные исследования могли, хотя и расплывчато, но все же очертить вероятные пределы того, что ожидает земных посланцев в лунном мире.

### ШАГИ К ЛУНЕ

Первый шаг к Луне был одновременно началом пути в просторы Солнечной системы. Прежде всего требовалось, чтобы космический аппарат развил вторую космическую скорость. И тогда открывалась возможность полетов к Луне, Венере, Марсу и другим планетам. В первом же запуске в сторону Луны наша автоматическая станция «Луна-1», пройдя вблизи Луны, превратилась в первую искусственную планету — спутник Солнца.

Два последующих запуска к Луне советских автоматических станций проложили дорогу дальнейшим более сложным полетам. «Луна-2» достигла лунной поверхности; «Луна-3» совершила облет Луны, произведя фотографирование ее обратной стороны. Траектория движения станции предусматривала ее возвращение в околоземное пространство, откуда по радиоканалам были переданы хранившиеся на борту первые изображения невидимого лунного полушария. Все три запуска состоялись в 1959 году, который и положил начало космической эре в исследованиях Луны.

В 1965 году глобальный обзор всей поверхности лунного шара завершился благодаря пролету советской автоматической станции «Зонд-3» вблизи Луны. После того как с борта этого аппарата на Землю были переданы изображения лунной поверхности,

■  
*Земля у лунного лимба. Снимок сделан во время облета Луны «Зондом-8»*



«белые пятна» на Луне составляли лишь 5% всей площади видимого и обратного полушарий.

В середине 60-х годов на трассу полета «Земля — Луна» выходят американские «Рейнджеры». Подобно автоматической станции «Луна-2», эти аппараты разрушаются при встрече с Луной. На участке сближения с Луной «Рейнджеры-7, -8 и -9» получили крупномасштабные снимки небольших площадок лунной поверхности. Снимки показывали детали рельефа размером 1,0—0,5 м.

В это же время в Советском Союзе отработывались полеты автоматических станций второго поколения. В начале 1966 года «Луна-9» совершила первую посадку на лунную поверхность. На переданных станцией панорамах окружающего ландшафта были заметны детали рельефа размером от нескольких метров до нескольких сантиметров и видна структура лунного грунта. Два месяца спустя отечественная наука решила еще одну принципиальную задачу: автоматическая станция «Луна-10» вышла на орбиту искусственного спутника Луны. Бортовая аппаратура станции работала около двух месяцев, в течение которых спутник сделал 460 оборотов вокруг Луны. Впервые исследования в окололунном пространстве продолжались столь длительный период. Приборы, установленные на спутнике, передали информацию о характеристиках окололунного пространства и о составе лунных пород. Исследуя эволюцию орбиты спутника, советские ученые построили первую модель гравитационного поля Луны. В том же 1966 году Советский Союз провел еще несколько запусков,

целью которых был вывод на окололунную орбиту искусственных спутников и мягкая посадка в заданном районе. Автоматические станции, «сохранившие конструктивные особенности аппаратов «Луна-9» и «Луна-10», выполняли исследования по более широкой программе благодаря увеличению состава бортовой научной аппаратуры.

Во второй половине 1966 года осуществили мягкую посадку и выход на орбиту искусственных спутников Луны американские космические аппараты. «Сервейеры» опускались в различных районах видимого полушария, производили телевизионную съемку окружающей местности. Некоторые из автоматических станций этой серии имели на борту приборы для оценки химического состава поверхностных пород.

Основным назначением лунных спутников «Лунар орбитер» было фотографирование в различных масштабах лунной поверхности. Затем эти изображения передавались на Землю по радиоканалам. Снимки видимого полушария сделаны с наиболее высоким разрешением — от 70 до 200 м, а отдельных районов даже с разрешением в несколько метров. Обратное полушарие Луны фотографировалось в мелком масштабе.

В последующие годы на окололунные орбиты выходили советские автоматические станции серии «Луна» и американские аппараты типа «Эксплорер», которые исследовали физические параметры Луны и окололунного пространства.

Дальнейшее развитие лунных исследований потребовало от космической техники выполнения качественно но-

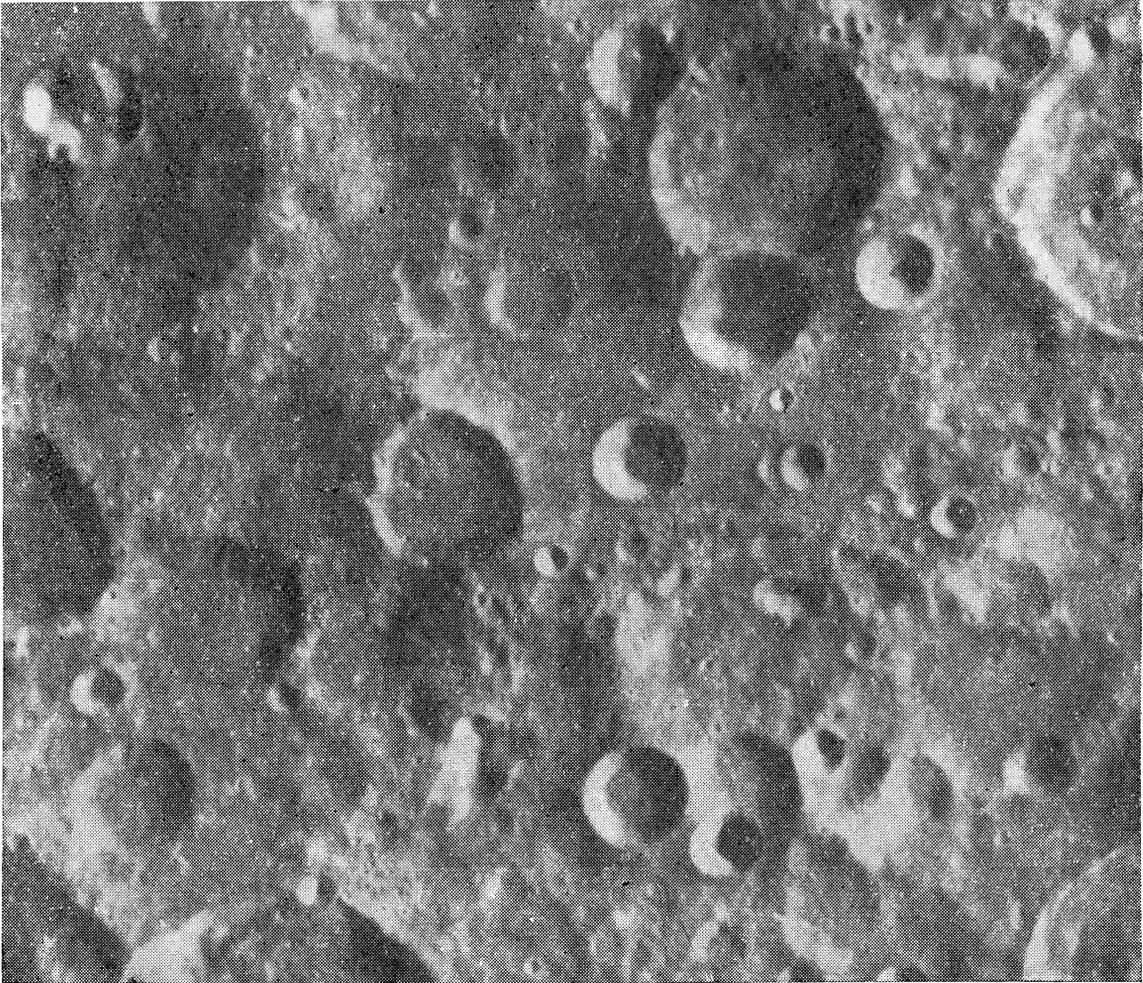
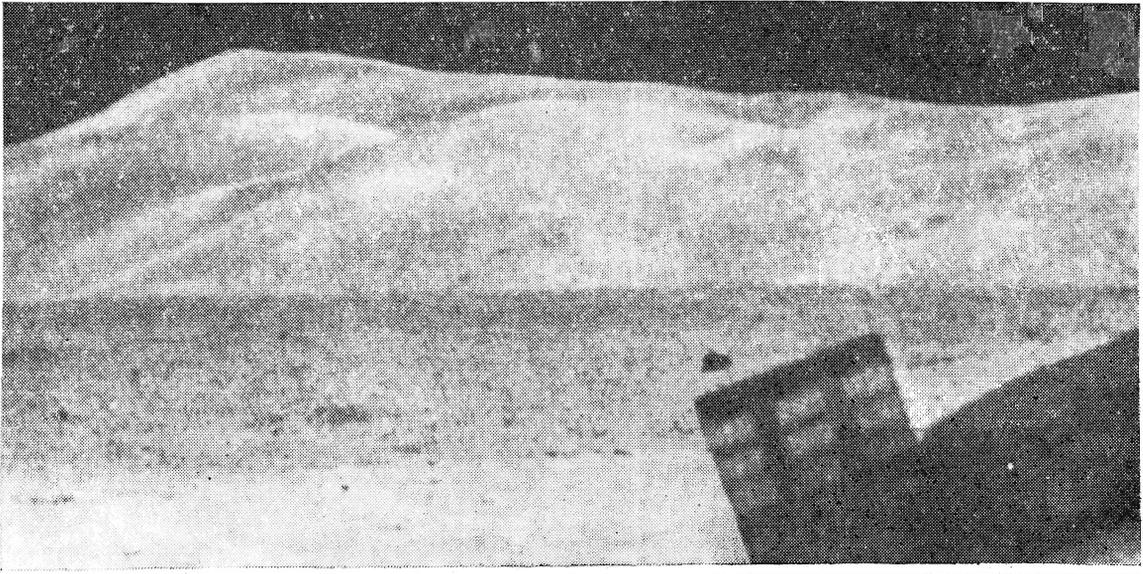
вых задач: возвращения аппарата на Землю и расширения радиуса действия непосредственно на лунной поверхности. В Советском Союзе решили эти проблемы автоматические станции третьего поколения. В Соединенных Штатах те же цели были поставлены перед программой «Аполлон», предусматривавшей создание пилотируемого корабля для полетов на Луну.

Осенью 1968 года первая трасса облета Луны с последующим возвращением космического аппарата на Землю была проложена советской автоматической станцией «Зонд-5». В дальнейшем станции этой серии производили съемку лунной поверхности и доставляли фотографическую пленку на Землю. На борту станции находились также приборы для комплексного исследования космического пространства и биологических экспериментов с живыми организмами и животными.

В конце декабря 1968 года состоялся первый пилотируемый полет к Луне по программе «Аполлон». После краткого пребывания на окололунной

■  
*Лунные горы. Фрагмент панорамы, переданной из кратера Лемонье самонаводящим аппаратом «Луноход-2». Внизу видна часть фотометрической марки, предназначенной для определения отражательной способности лунного грунта*

■  
*Материковый район обратной стороны Луны. Наименьшие кратеры имеют поперечник около 300—400 м. Снимок получен советской автоматической станцией «Зонд-8»*



орбите корабль с космонавтами возвратился на Землю. А примерно через полгода на лунную поверхность высадился человек. Экипаж космического корабля «Аполлон-11» собрал образцы лунных пород, сделал фото и киносъемку места посадки, установил комплекс приборов для исследования Луны и лунной среды.

В это же время советские ученые начали летные испытания и отработку новых систем автоматических станций, обеспечивающих посадку в различных районах лунной поверхности. В сентябре 1970 года «Луна-16» впервые совершила рейс «Земля—Луна—Земля», доставив в лаборатории ученых пробу лунного грунта. Некоторое время спустя этот полет повторила автоматическая станция «Луна-20». Однако место посадки было выбрано в сложном по рельефу материковом районе и на Землю удалось привезти образец светлых материковых пород. В ноябре 1970 года начал свое историческое путешествие первый самоходный лунный аппарат. Советская автоматическая станция «Луна-17» доставила в Море Дождей «Луноход-1». За 11 лунных дней аппарат прошел 10,54 км. Вдоль его трассы производилась топографическая съемка, исследовались физико-механические свойства лунного грунта и определялся химический состав поверхностных пород. Второй аппарат этого типа «Луноход-2» обладал большей мобильностью. В сложном по рельефу районе — переходной зоне от моря к материку — за меньший срок он прошел 37 км, передав на Землю 86 обзорных панорам и свыше 80 тыс. телевизионных снимков поверхности. Кроме изучения механических свойств и хи-

мического состава грунта, вдоль всей трассы лунохода производилась магнитная съемка.

Летом 1971 года состоялся полет космического корабля «Аполлон-15». Начиная с этого запуска американские экспедиции также стали оснащаться луноходами, которые служили космонавтам в качестве транспортных средств. Наибольшую протяженность пути преодолел в течение одной экспедиции экипаж «Аполлона-17». Луноход, управляемый космонавтами, прошел 36 км. Запуском космического корабля «Аполлон-17» в декабре 1972 года американские ученые практически завершили свою программу исследований Луны пилотируемыми космическими средствами в текущем десятилетии. Общее количество времени, проведенное космонавтами всех экспедиций на лунной поверхности (вне посадочного отсека), составило около 80 часов.

#### ИЗ ЧЕГО СЛОЖЕНА ЛУНА?

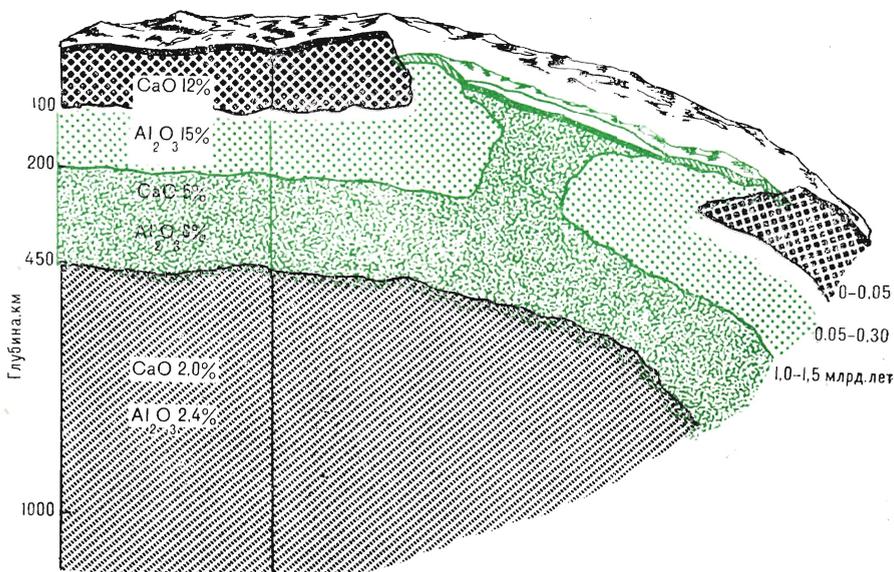
Основные сведения о химическом составе и физико-механических свойствах лунного вещества получены в результате изучения пород поверхностного слоя Луны. За истекшие годы лунный грунт исследовался как в его естественном залегании, так и в лабораторных условиях на Земле.

Самый верхний слой Луны состоит из слабосвязанных, мелких фрагментов. Размеры частиц достигают десятков микрон. В морских районах средний размер отдельных зерен около 0,08—0,10 мм, в материковых — около 0,07—0,08 мм. Верхний слой вплоть до глубины нескольких миллиметров сложен рыхлым пылевидным порош-

ком. Ниже к нему примешиваются осколки скальных пород различных размеров. Структура поверхностного слоя характеризуется высокой степенью пористости. Даже на глубине 35 см пористость достигает 50—60%. Это объясняется тем, что около 40% частиц мелкой фракции представляют собой брекчии — сцементированные, спекшиеся структуры сложной формы. Среди более крупных фрагментов брекчии составляют 15—20% от общего числа зерен.

В верхнем слое грунта обнаружены многочисленные стекляные зерна сферической или гантелевидной формы. Размер их не превышает 20 мк. По весу они составляют всего лишь 0,01%, однако на каждый килограмм грунта приходится около 40 тыс. подобных частиц. Стекляные зерна придают лунному грунту своеобразный искрящийся блеск.

Подавляющее большинство частиц и фрагментов кристаллических пород, собранных в морских районах, имеет состав, близкий к земным базальтам. Отличает лунные породы от земных высокое содержание железа и малое — кремния. Основными минералами лунных базальтов (так же, как и земных) являются плагиоклазы, пироксены и ильменит. Светлый материал материков по составу сходен с земными породами анортозитового типа. Правда, для материковых пород Луны характерно более высокое содержание окиси алюминия и кальция. Основной породообразующий минерал материков — полевой шпат. Но в лунных породах найдены и новые минералы, не встречающиеся на Земле. («Земля и Вселенная», № 3, 1970 г., стр. 3—12.— Ред.)



Помимо морских и материковых пород, в некоторых областях Луны обнаружены фрагменты с окраской менее светлой, чем анортозиты. Изучение этих фрагментов показало, что в них меньше полевого шпата, чем в анортозитах, но больше пироксена и ильменита. Такие темноватые породы носят название норитов.

Вообще говоря, обнаруженные в морских и материковых областях Луны базальты и анортозиты являются «близкими родственниками». На Земле анортозиты и нориты — это глубинный материал, относящийся к породам, которые геологи называют «основными». Базальты же — вулканические эквиваленты основных пород, они выходят на поверхность в виде лав.

В отдельных местах Луны базальты и нориты имеют повышенное содержание калия, редкоземельных элементов и фосфора. Это — KREEP-породы. В частности, образцы, собранные близ кратера Фра Мауро, в основном принадлежат к KREEP-породам.

#### ЛУНА В РАЗРЕЗЕ

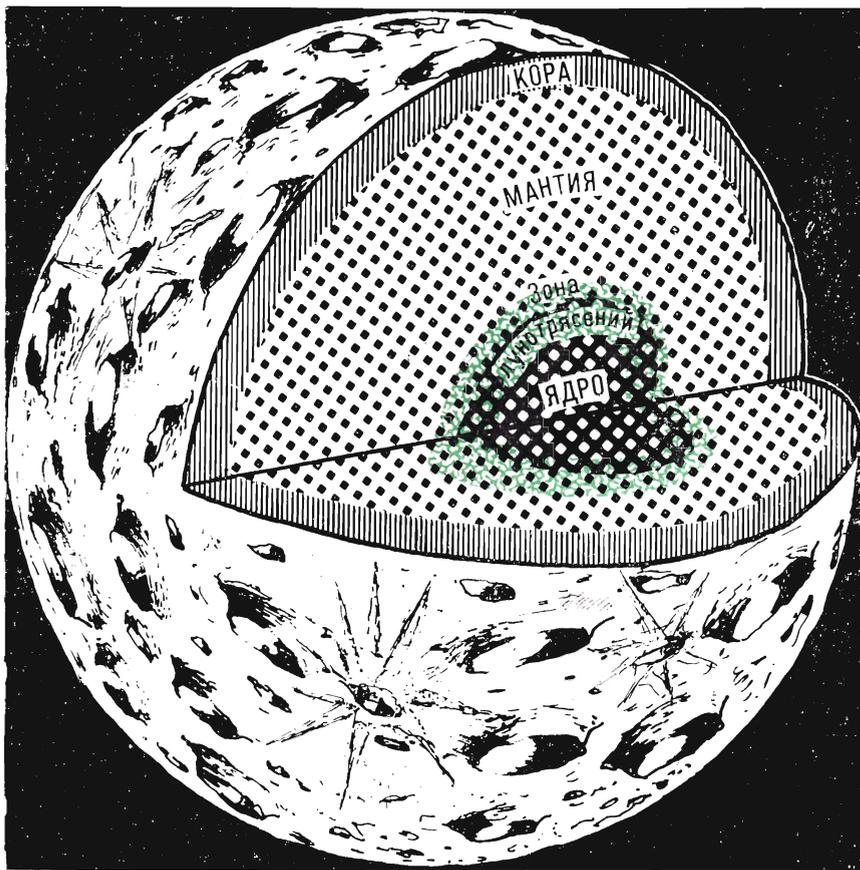
При общей площади лунного шара 38 млн. км<sup>2</sup> около 84% его поверхности приходится на материки. Моря — всего лишь отдельные асимметричные вкрапления. На видимом полушарии они занимают 30% площади, а на обратном — лишь 3%. Наиболее крупное образование морского типа — Океан Бурь. Он охватывает территорию, равную 2105 тыс. км<sup>2</sup>, что примерно соответствует площади Гренландии. Моря располагаются ниже материков в среднем на 1,4 км. В общем же физическая поверхность Лу-

ны отклоняется на 3—4 км от сферы с радиусом 1738 км как в сторону повышений, так и в сторону понижений.

Современные данные говорят о том, что наиболее активный период лунной истории, завершившийся формированием существующего ныне облика Луны, продолжался около 1,5 млрд. лет. Образцы лунного грунта, доставленные на Землю, — продукты химической дифференциации, которая происходила около 4,6 млрд. лет назад. Древнейшие лунные провинции — материки — сложены в основном из анортозитов. Их плотность примерно 2,9 г/см<sup>3</sup>, что меньше средней плотности Луны (3,34 г/см<sup>3</sup>). Можно предположить, что в процессе первичной дифференциации «легкие» вещества «всплывали», образуя кору, состоящую из анортозитовых пород. Средняя плотность морских базальтов почти равна средней плотности Луны — 3,3 г/см<sup>3</sup>, что позволяет сделать вывод о прямой связи базальтовых пород с глубинным веществом Луны. Нориты, вероятно, заняли в результате дифференциации среднее положение между пластами анортозитов и глубинных аналогов морских базальтов. Последовательное плавление и выход на поверхность норитовых и базальтовых пород образовали сначала ложе, а затем и современные моря Луны.

Сравнение возраста базальтовых пород из различных районов Луны показывает, что самые древние моря возникли около 3,6—3,7 млрд. лет назад, а самые молодые — около 3 млрд. лет назад. В ряде случаев образцы, взятые в одном и том же месте, различаются по времени кристаллизации на 200—300 млн. лет. Вероятно, процесс, сформировавший моря, был многофазным. Только существованием глубинных расплавов,

*Схема предполагаемого формирования поверхности Луны. В процессе первичного расплава происходила химическая дифференциация лунного вещества. Более «легкие» породы, обогащенные окислами алюминия и кальция, поднялись вверх и образовали анортозитовую кору. Этот период лунной истории длился первые 50 млн. лет существования Луны. В течение следующих 250 млн. лет зона плавления охватывала глубины от 100 до 200 км. Отсюда на поверхность поступали потоки норитовых лав. Около 3—3,5 млрд. лет назад зона плавления опустилась до глубины 200—450 км. Выходы базальтов с этих горизонтов лунных недр сформировали современные лунные моря. Не исключено, что выход лав на поверхность начался после ударов крупных метеоритных тел, нарушивших верхнюю твердую оболочку Луны*



которые периодически «выплескивали» на поверхность лавовые потоки, можно объяснить столь длительный период эволюции одного и того же моря.

Эпоха образования морей, завершившаяся около 3 млрд. лет назад, вероятно, была последним актом глобальных преобразований лунной поверхности. В дальнейшем главная роль принадлежала внешним факторам, в первую очередь — метеоритной бомбардировке. К настоящему времени вся лунная поверхность покрылась слоем раздробленных пород — реголитом. Ниже этого слоя

**■**  
*Строение недр Луны. Толщина лунной коры на видимой стороне около 60 км. Граница мантии и ядра лежит на глубине порядка 1000 км. Ниже располагается частично расплавленное ядро. В переходной зоне между ядром и мантией обнаружены источники «лунотрясений»*

расположены спекшиеся, сцементированные обломки различного состава — брекчи. Брекчи покоятся на пластах монолитного материала, который в верхней своей области рассечен множеством трещин, а ниже переходит в сплошную скальную породу лунной коры.

Мощность лунной коры на видимой стороне порядка 60 км. Образована она, как уже упоминалось, породами малой плотности. Мантия, начинающаяся ниже, состоит из пород более высокой плотности, примерно равной средней плотности лунного шара. Нижняя граница мантии расположена на глубине около 1000 км. В этой области, переходной между мантией и ядром, локализуются источники «лунотрясений». Толчки «лунотрясений» невелики по мощности: как правило, они не превышают двух баллов. «Лунотрясения» происходят каждый раз, когда Луна находится в перигее или

апогее своей орбиты. Кроме того, зарегистрирован еще 207-дневный цикл «лунотрясений», совпадающий с периодом приливных возмущений Солнца. По-видимому, воздействие приливных сил служит спусковым механизмом для разрядки напряжений, которые возникают в теле Луны.

Поскольку сейсмические колебания, порожденные падением на лунную поверхность метеоритов и лунных отсеков кораблей «Аполлон», поглощаются в центральной области Луны, можно утверждать, что ее ядро частично расплавлено. Вряд ли оно состоит из железа, ибо в породах Луны содержится значительное количество его окислов. Против подобного предположения свидетельствует и характер отбегания Луны солнечной плазмой. Вблизи Луны не замечено никаких возмущений в потоке плазмы. Следовательно, можно говорить лишь о силикатном частично расплавленном ядре. По некоторым оценкам температура ядра достигает 1500° С.

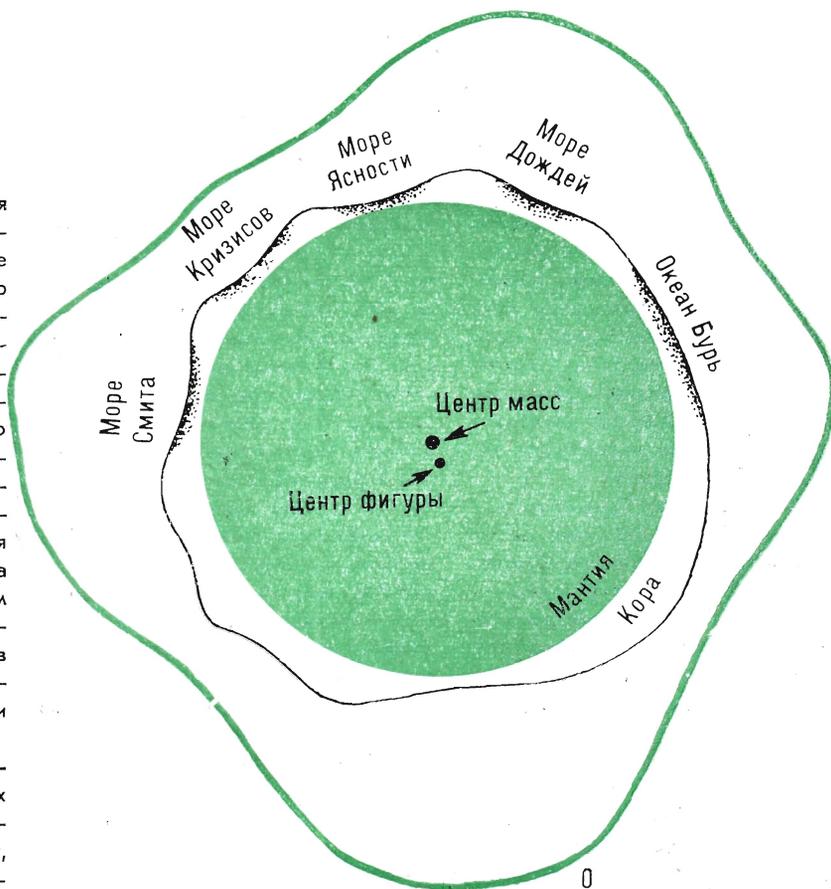
#### ЛУННЫЕ ПОЛЯ И АТМОСФЕРА

Измерения параметров орбиты искусственного лунного спутника «Луна-10» помогли воссоздать структуру лунного гравитационного поля. Гравитационное поле Луны отличается от сферического. Оно сплюснуто у полюсов, сильно вытянуто над обратным полушарием и слегка над северной частью видимого полушария. Как показали последующие детальные исследования, эти гравитационные аномалии вызваны концентрацией избыточных масс — масконами. Крупнейший маскон видимого полушария располагается в Море Дождей. Его масса составляет  $2 \cdot 10^{-5}$  массы Луны. Со-



гласно расчетам, проведенным для всего лунного шара, в Море Восточном и Море Краевом существуют еще более крупные масконы, а примерно в центре обратного полушария находится маскон, избыточная масса которого почти в 5 раз превышает маскон в Море Дождей. (Интересно отметить, что эти данные полностью совпадают с наблюдениями «Луны-10».) Есть предположение, что не связанная с каким-либо морским образованием гравитационная аномалия на обратном полушарии указывает на большую мощность коры. В этом случае находят свое объяснение такие особенности, как асимметрия в размещении морских бассейнов и различие в положении центра масс и центра фигуры Луны.

Несмотря на отсутствие глобального магнитного поля Луны, в лунных породах обнаружен остаточный магнетизм. Исследования показывают, что остывание и кристаллизация расплавов происходили в магнитном по-



Сечение фигуры Луны и поверхности равных гравитационных потенциалов (цветная линия). Плоскость сечения на  $26^\circ$  наклонена к лунному экватору (ее положение показано на нижнем рисунке). Профиль высот построен по данным измерений лазерного альтиметра с борта «Аполлона-15» (отклонения высот от условно проведенной уровенной поверхности преувеличены). Гравитационные аномалии в Море Дождей, Море Ясности, Море Смига и других районах Луны исследователи связывают с масконами. Вероятно, из-за большей мощности лунной коры на невидимом полушарии центр масс Луны располагается примерно на 2 км ближе к Земле, чем центр фигуры Луны





## ВСПЫШКА СВЕРХНОВОЙ В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ

В рентгеновских источниках, входящих в двойные системы, один компонент — обычная звезда, другой — нейтронная звезда или черная дыра. Аккреция вещества, истекающего с поверхности обычной звезды на компактный объект, сопровождается рентгеновским излучением.

Нейтронные звезды и черные дыры, согласно существующим представлениям, образуются при взрыве сверхновой звезды. Казалось бы, такое катастрофическое событие, как взрыв сверхновой, должно сильно повлиять на орбиты компонентов двойной системы. Между тем их орбиты близки к круговым. Могут ли сохраниться круговые орбиты в двойной системе после вспышки сверхновой?

Советский астроном Ю. Г. Хабазин рассмотрел, насколько изменит орбиты двойной системы вспышка одного компонента. По теории эволюции тесных двойных систем вспыхивающая компонента должна иметь массу, существенно меньшую массы другой звезды. Эта вторая звезда в момент вспышки должна быть молодым массивным объектом главной последовательности. Если взрыв сверхновой близок к сферически-симметричному, то орбиты компонентов останутся почти круговыми. Согласно расчетам Ю. Г. Хабазина, после вспышки сверхновой двойная система может иметь эксцентриситеты от 0 до 0,2. Следовательно, малость наблюдаемых эксцентриситетов орбит таких рентгеновских источников, как Центавр X-3 (эксцентриситет меньше 0,5), Геркулес X-1 (меньше 0,1) и Лебедь X-1 ( $0,09 \pm 0,02$ ), не противоречит тому, что их образованию предшествовала вспышка сверхновой.

«Астрономический журнал», 52, 1, 1975.

ле, напряженность которого могла достигать максимального значения 3 тыс. гамм (напряженность магнитного поля Земли на экваторе составляет 31 тыс. гамм). Поскольку Луна не обладает железным ядром, лунный магнетизм, вероятно, имеет внешнее происхождение. Однако это явление еще недостаточно изучено и представляет особый интерес для последующих исследований.

Газовая оболочка Луны, хотя и крайне разреженная, все-таки заслужила внимание специалистов. Она питается в основном за счет трех источников: дегазации лунного вещества, разреженного газа солнечного ветра и испарения вещества при сверхзвуковых ударах метеоритных тел. Дегазация лунных покровных пород наиболее интенсивно происходит в дневное время суток, когда поверхность материал нагрет. Второй источник лунной атмосферы — разреженный газ солнечного ветра — тоже подвержен суточным вариациям интенсивности. Измерения непосредственно на лунной поверхности показывают, что вскоре после захода Солнца и в течение всей ночи давление составляло  $10^{-12}$  мм рт. ст. при температуре  $100^\circ\text{K}$ . Днем давление поднялось до  $10^{-10}$  мм рт. ст. при температуре  $300^\circ\text{K}$ .

Лунная атмосфера состоит главным образом из ионов гелия-4 и аргона-40. Однако суточные вариации по-разному сказываются на этих составляющих. Если концентрация аргона-40 возрастает днем и уменьшается ночью, концентрация гелия-4 ночью повышается примерно в 20 раз, а днем составляет всего лишь  $3 \cdot 10^3$  см $^{-3}$ . В соответствии с величиной дав-

ления и температурой дневная концентрация газа вблизи Луны равна  $3 \cdot 10^6$  см $^{-3}$ , а ночная  $3 \cdot 10^4$  см $^{-3}$ . Плотность газовой оболочки Луны настолько мала, что пространство над лунной поверхностью можно считать экзосферой. Это — самый верхний слой планетной атмосферы, из которого свободно диссипируют молекулы. По-видимому, первоначальный состав лунной атмосферы к настоящему времени значительно искажен примесями искусственного происхождения. Подсчитано, что только один космический корабль типа «Аполлон» мог привнести в лунную атмосферу до 5 т газообразного вещества. Время диссипации наиболее тяжелых компонентов отработанных ракетных газов, согласно предварительным исследованиям, составляет примерно один месяц.

Первые 15 лет исследований Луны космическими аппаратами неизмеримо расширили наши знания о естественном спутнике Земли. Сегодня на многие вопросы, стоявшие ранее перед наукой, получены удовлетворительные ответы. Глобальное строение лунного шара, химический состав и возраст вещества Луны, физико-механические свойства лунного грунта — все эти особенности природы Луны не являются более загадочными для исследователей. Однако новый уровень доступной ныне информации (и по качеству, и по количеству) породил и новые загадки. Разумеется, сегодня неразгаданными остаются более сложные и тонкие проблемы лунного мира. («Земля и Вселенная», № 1, 1975 г., стр. 22—28.— Ред.) Для их решения потребуются новые эксперименты и новые идеи.



М. Ф. РЕБРОВ

## Байконур — Канаверал: единая программа

**«Пусть шестой океан — космический — станет ареной международного сотрудничества».**

Председатель Совета Министров СССР  
А. Н. КОСЫГИН

Сейчас, когда до старта «Союза» и «Аполлона» остались уже не месяцы, а дни, вспоминается один разговор в Хьюстонском центре пилотируемых полетов, в кабинете его директора К. Крафта. В то время над планетой парил «Скайлэб». Сначала полет орбитальной станции был сопряжен с большими техническими трудностями из-за заминок уже на старте. Возможно, именно это и определило ход разговора.

Один из специалистов Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА), рассуждая о проблемах космоплавания, задал вопрос: «Каковы шансы возвращения на Землю людей, оставшихся в живых после катастрофы в космосе?». Его коллега, шеф отдела информации, мистер Уайт как-то неопределенно пожал плечами: «Неполадки в космическом корабле, в результате которых астронавты в беспомощном состоянии «застрянут на орбите», — одна из страшных опасностей, которые нам грозят».

Те, кто строит космические корабли, и те, кто их испытывает, научились хладнокровно и объективно относиться к опасной работе освоения космического пространства. Предпринимались и разного рода попытки решить «проблему безопасности», но, как заявил представитель НАСА в Вашингтоне, «управление уже много лет само занимается спасательными операциями в космосе. Однако в ходе этой работы пока что не удалось разработать никаких детальных концепций. Все надежды...».

Я не стану приводить здесь полностью высказывание американского

инженера. Скажу лишь, что речь шла о проекте «Союз» — «Аполлон».

Когда родилась эта идея? В Хьюстоне мне вполне определенно называли такую дату — 1967-й год, хотя первое совещание специалистов двух стран состоялось в Москве в конце октября 1970 года. Оказалось, что в «Справочнике Джейнса по самолетам» в издании 1967 года («Jane's all the World's Aircraft», 1967—1968 гг.) уже высказывалось предположение, что Советский Союз и США проектируют совместные спасательные операции в космосе. В справочнике была фраза: «Для этого на мысе Кеннеди и на русском космодроме Байконур будут стоять наготове спасательные ракеты на случай неотложной необходимости, которая неизбежно когда-нибудь возникнет». Но если авторы справочника строили свои рассуждения лишь на интуиции, то специалисты-практики искали конкретных решений. В январе 1971 года во время встреч президента АН СССР академика М. В. Келдыша с заместителем директора НАСА доктором Д. Лоу был продолжен «космический диалог». Таким образом была проделана большая подготовительная работа, которая завершилась в 1972 году подписанием соглашения на высшем уровне.

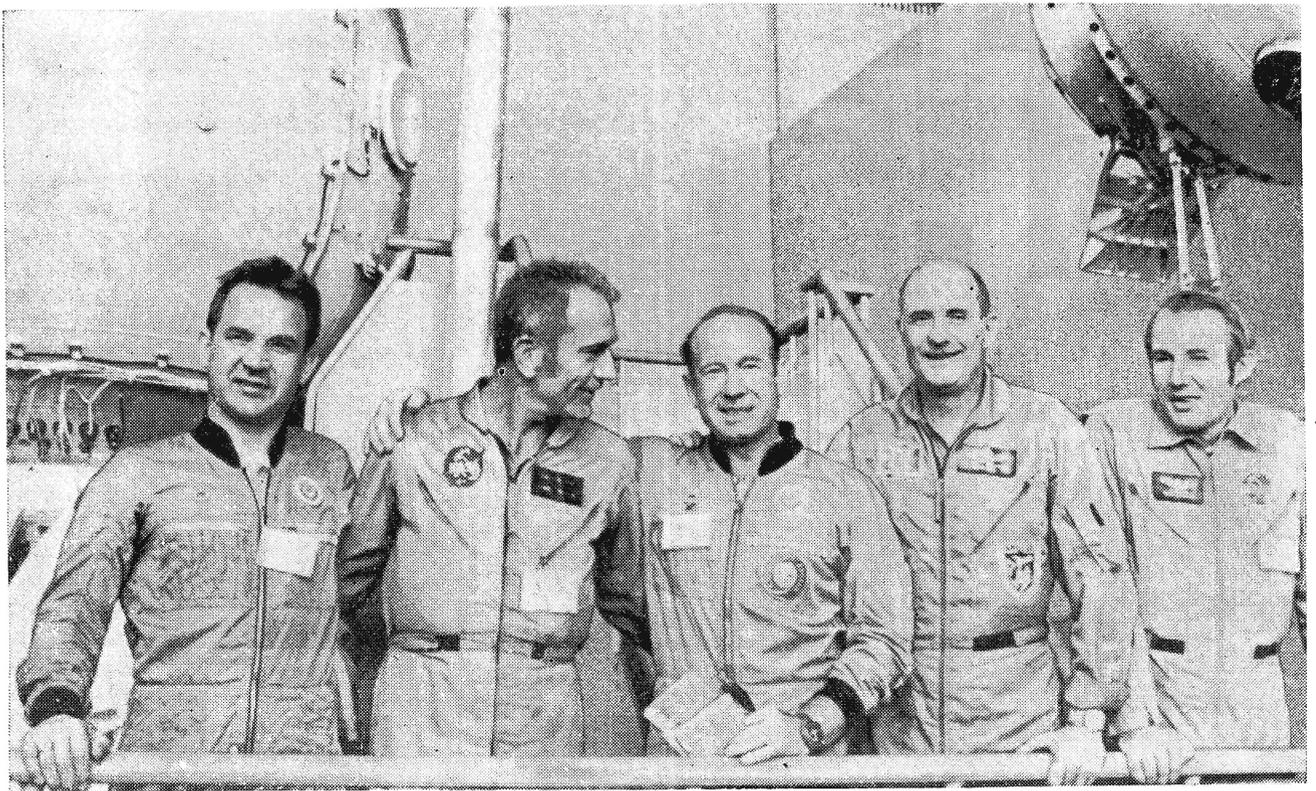
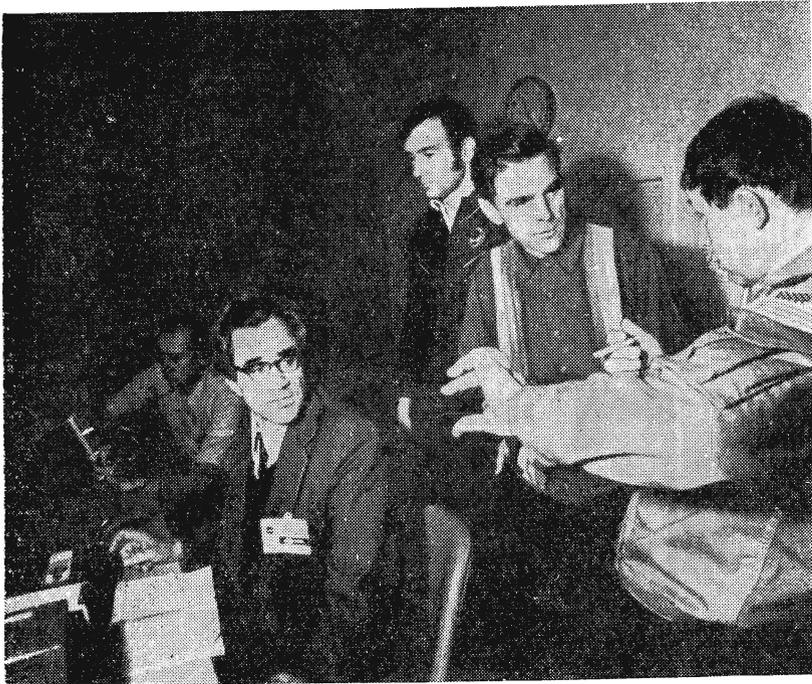
Однако если искать истоки идеи объединения усилий народов планеты для овладения космическим пространством, то нельзя не вспомнить научно-фантастическую повесть К. Э. Циолковского «Вне земли». Основоположник теоретической космонавтики предсказал, что исследование океана Вселенной, межпланетные путешествия станут делом всех народов. Вот почему на борту звездного корабля,

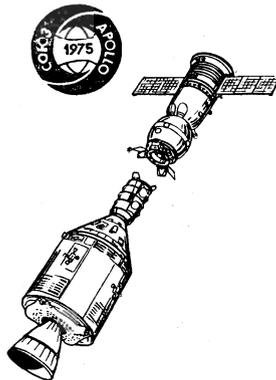
о котором рассказывается в повести, встретились русский, американец, француз, англичанин, немец и итальянец. Сейчас, через 50 с лишним лет, пророчество осуществляется. Предстоящий полет в космос двух космических кораблей «Союз» (СССР) и «Аполлон» (США), переход во время полета членов экипажа с корабля на корабль, проведение представителями двух стран совместных научных экспериментов и испытаний по единой программе — вот новый крупный шаг на пути освоения космоса объединенными усилиями разных стран.

«Человечество приобретает всемирный океан, дарованный ему как бы нарочно для того, чтобы связать людей в одно целое, в одну семью...» — это слова прозорливого и мудрого К. Э. Циолковского, сказанные 50 лет назад.

«Космос — поистине безграничное поле деятельности. Интересы космических исследований для нужд науки и народного хозяйства настолько обширны, что даже государствам, обладающим значительным промышленно-экономическим потенциалом, — таким, как Советский Союз и Соединенные Штаты, — становится не под силу самостоятельное многоплановое исследование космоса. Отсюда объективная причина для сближения национальных космических программ» — заявление технического директора проекта «Союз» — «Аполлон» члена-корреспондента АН СССР К. Бушуева, сделанное им в наши дни.

Кроме экономической стороны дела можно назвать еще много-много причин, объективно требующих международного сотрудничества. Это, прежде всего, глобальность масшта-





бов космических исследований и экспериментов, их общечеловеческое значение.

Есть и еще один важный аспект... Писатель-фантаст Мартин Кэйдin написал книгу «В плену орбиты». В ней рассказывается об аварии в космосе, о страданиях потерпевшего бедствие астронавта, о его спасении из страшного плена. Книга увидела свет в 1964 году. Тогда история затерявшегося на орбите корабля воспринималась как фантастическая. Но уже спустя пять лет, когда в безбрежном океане звезд встретились два «Союза», когда их пилоты сблизили и состыковали два корабля, а космонавты перешли из одного в другой, идея спасения на орбите стала реальностью. Но если М. Кэйдину пришлось для своего сюжета придумывать острую ситуацию, то экипажу «Джеминай-8» сама жизнь уготовила тяжелое испытание. В марте 1966 года Нейл Армстронг и Дэвид Скотт из-за потери управления кораблем вынуждены были совершить аварийную посадку в Тихом океане.

Третья экспедиция американцев на Луну тоже чуть не кончилась трагически. «Аполлон-13» стартовал 11 апре-

ля 1970 года. Спустя примерно 56 часов с момента начала полета экипаж сообщил, что в командном отсеке раздался аварийный сигнал и послышались приглушенные взрывы. Через несколько минут космонавты заметили утечку газа из служебного отсека и кислорода из одного баллона, а также быстрое падение давления во втором баке. Эти сообщения указывали на аварийное положение внутри командного отсека космического корабля. Кислород, необходимый для поддержания жизни экипажа и питания топливных элементов, дающих электричество, быстро иссякал. В качестве «спасательной шлюпки» космонавты использовали лунный отсек. От посадки на Луну пришлось отказаться. «Аполлон-13» обогнул Селену, используя для возвращения на Землю гравитационное лунное поле. «Это самая серьезная авария за все время полетов человека в космос», — заявили в НАСА.

Но технические «неожиданности» на этом не кончились. 8 февраля 1974 года после 84-дневного пребывания в космосе астронавты Д. Карр, Э. Гибсен и У. Поуч загерметизировались в командном отсеке, в котором они должны были вернуться на Землю, и отделились от самой орбитальной станции. Затем Карр должен был включить двигатель, чтобы направить командный отсек к Земле. И вот наступил волнующий момент: астронавт повернул тумблер включения, а за этим ничего не последовало. «У нас упало сердце, а глаза вылезли из орбит — признался Джеральд Карр. — Двигатель не желал включаться, и космический корабль не двигался».

«45 критических минут» — так назвал экипаж «Скайлэба» период, когда астронавты находились в зоне над Землей, где станция связи с бортом не действовала. Получить инструкцию было неоткуда. К счастью, все обошлось благополучно — астронавты воспользовались аварийной системой.

Напоминание об аварийных ситуациях в космосе подчеркивает важность совместного советско-американского эксперимента «Союз» — «Аполлон», который очень существенно увеличит надежность космических полетов и безопасность космонавтов.

Маленькое отступление... Американская корпорация «Мартин — Мариетта» в конце 60-х годов опубликовала проект системы катапультирования во время орбитальных полетов вокруг Земли. По замыслу его авторов, при аварии кресло астронавта автоматически захлопывается в металлическом коконе, оборудованном системой жизнеобеспечения, и катапультируется. Экран теплозащиты в форме тарелки, установленный в нижней части кокона, оберегает его во время прохождения через атмосферу, после чего парашют доставит весь кокон на Землю. Однако специалисты, которые вели изучение проблем спасательных операций в космосе, признали проект нереальным.

И такой факт... В январе 1969 года стартовали два советских космических корабля «Союз-4» и «Союз-5». После нескольких маневров корабли встретились на орбите, сблизились и состыковались. Два космонавта перешли из одного корабля в другой. Затем последовали расстыковка и возвращение экипажей на Землю.

■ ■  
Группа советских инженеров в Центре управления пилотируемыми космическими полетами; Г. Н. Власов во время проверки стыковочной системы (правый снимок). Хьюстон, США, 1974 год

■  
Советские и американские космонавты в Звездном городке. Слева направо: В. Н. Кубасов, Д. Слэйтон, А. А. Леонов, Т. Стаффорд, В. Бранд

Намеченный на 1975 год совместный эксперимент советских и американских космонавтов не ставит целью длительное пребывание человека в космосе. Но он укажет путь другим полетам, в которых будет решена эта проблема в дальнейшем. В предстоящем же полете будет испытана общая спасательная система, пригодная как для советских, так и для американских кораблей. Другими словами, будут отрабатываться приемы и механизмы, с помощью которых советские и американские экипажи могут выходить на «рандеву», стыковаться и переходить из одного корабля в другой. Предполагается, что в будущем советские и американские корабли оснастят устройствами для такой стыковки.

Не только испытания технических систем входят в программу этого полета. Экипажи «Союза» и «Аполлона» проведут и научные исследования. Предусматриваются, например, разнообразные биологические эксперименты, в частности, изучение поведения микробов и грибов, взятых с Земли.

Один из экспериментов, получивший условный код «плавильная печь», посвящен решению технологических проблем с использованием электрической печи. Цель эксперимента — расплавить металл и проследить, как он остывает, какие при этом происходят процессы в условиях невесомости.

Космонавты сфотографируют солнечную корону в условиях искусственно созданного солнечного затмения. Фотографирование выполнит экипаж «Союза» в тот момент, когда «Аполлон» закроет собой солнечный диск.



Будет проведено и совместное исследование газового состава верхних слоев атмосферы. Космонавты определяют концентрацию атомарного кислорода, атомарного азота и других газов по поглощению ультрафиолетового излучения и резонансному рас-

сеянию. Излучение будет возбуждаться светом ультрафиолетовых резонансных источников через телескоп «Аполлона». Отраженное излучение от угловых отражателей, установленных на «Союзе», зарегистрируют сканирующие спектрометры на корабле «Аполлон».

«Я бы сравнил осуществление проекта «Союз — Аполлон», — сказал директор НАСА доктор Д. Флетчер, — с восхождением на высокую горную вершину, с которой открываются но-

■  
*Космонавты А. А. Леонов и Т. Стаффорд в кабине корабля — тренажера в Центре подготовки космонавтов имени Ю. Гагарина*



вые горизонты советско-американского сотрудничества».

Полет советского и американского кораблей будет носить экспериментальный характер. До сих пор в СССР и США разрабатывались системы сближения и стыковки применительно к своим программам. Корабли имели две различные конструкции стыкоч-

ных устройств — активную и пассивную. Для унификации этих систем принят принцип периферийной конструкции стыкочного устройства андрогинного типа. Новая конструкция отличается от существующих тем, что вместо центрального штыря у активного стыкочного устройства и приемного конуса у пассивного каждое из них будет иметь расположенные по периферии направляющие лепестки, стягивающие устройства и замки. Космонавты будут переходить через лю-

ки, расположенные в центральной части стыкочного устройства.

Кроме разной конструкции систем сближения и стыковки существующие советские и американские корабли имеют разную атмосферу в жилых отсеках. Атмосфера корабля «Союз» состоит из обычного воздуха при давлении 760 мм ртутного столба. Атмосфера корабля «Аполлон» — из чистого кислорода при давлении 260 мм ртутного столба. В будущем, очевидно, атмосфера всех пилотируемых космических аппаратов будет близка к обычной земной. А пока для перехода космонавтов из корабля в корабль потребуется также специальный отсек, который будет выполнять роль шлюза для атмосферной адаптации.

При переходе из «Аполлона» в «Союз» космонавтам для адаптации придется пробыть в этом отсеке некоторое время до тех пор, пока давление в нем не будет согласовано с давлением в отсеках корабля «Союз». При переходе же из «Союза» в «Аполлон» космонавты должны пробыть в отсеке в скафандрах при постепенно понижающемся давлении до 0,35 атм, чтобы вывести азот из организма и предотвратить кессонную болезнь. В настоящее время наши и американские специалисты договорились сблизить параметры атмосферы в кораблях «Союз» и «Аполлон». В результате этого значительно сокращается время пребывания космонавтов в переходном отсеке.

Создавать совместные средства стыковки можно и без разработки одинаковых конструкций. Так собственно оно и было. Каждая сторона конструировала и изготавливала стыкочные агрегаты самостоятельно, но на

В. Н. Кубасов и В. Бранд на тренировке в Звездном городке



основе общих принципов и согласованных требований.

Итак, экспериментальный полет космических кораблей «Союз» и «Аполлон» намечен на 15 июля 1975 года. Уже состоялись встречи технических специалистов и космонавтов в Москве и в Хьюстоне, уже позади многие тренировки и испытания, уже давно расписана по часам и утверждена обеими сторонами программа совместного эксперимента. Более того, уже проведены испытания модернизированного корабля «Союз-16», который

*В Центре подготовки космонавтов имени Ю. Гагарина во время дегустации космической пищи. Эти «пайки» возьмут на борт космонавты советских кораблей «Союз»*

Фото А. А. Пушкарева.

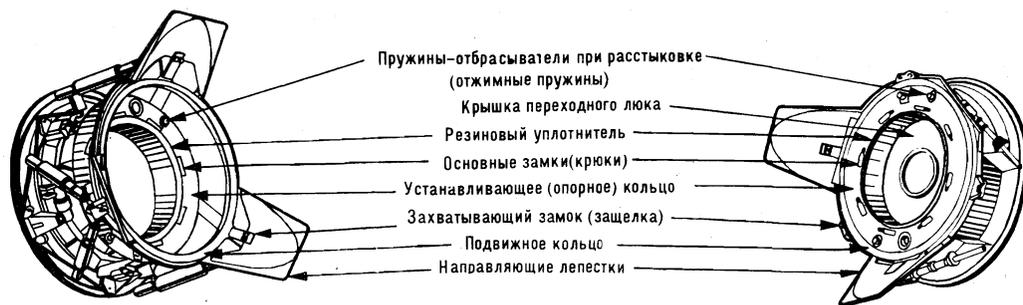
является точной копией того, который будет стартовать в июле 1975 года с советского космодрома Байконур.

Шесть суток работали на монтажной орбите космонавты-испытатели Анатолий Филипченко и Николай Рукавишников. (Монтажной в данном случае называют круговую орбиту высотой 223 км; именно на такой орбите должны встретиться и стыковаться корабли «Союз» и «Аполлон».) За 142 часа полета «Союз-16» совершил 96 витков вокруг планеты, повторяя по времени все этапы будущей программы «ЭПАС» (экспериментальный полет «Аполлон» — «Союз»).

Главные итоги этого полета состоят в следующем. В реальных космических условиях была проверена работоспособность многих бортовых систем, которые предусматривается использовать на нашем корабле во

время совместного полета с американским. Большое внимание уделялось отработке андрогинно-периферийной стыковочной системы, которая еще никогда не применялась для стыковки кораблей на орбитах — ни в СССР, ни в США.

Немного истории... Впервые два советских космических аппарата встретились и состыковались на орбите в 1967 году. То были «Космос-186» и «Космос-188». Позднее этот эксперимент повторили еще два «Космоса»: «Космос-212» и «Космос-213». Стыковались пилотируемые корабли «Союзы», корабль «Джеминай» и ракета «Аджена», «Союз» с орбитальными станциями «Салют», «Аполлон» со «Скайлэбом» и лунным модулем. Все это были стыковки по схеме «штырь — конус», а летательные аппараты делились на активные и пассивные. Во



время причаливания штырь активного корабля попадал в воронку-конус пассивного, корабли стягивались, соединялись стыковочные замки.

Система отличалась простотой, надежностью, но имела существенный недостаток: корабль, оборудованный штырем, не мог состыковаться с себе подобным, а следовательно, и какие-либо разговоры об оказании помощи в космосе в данном случае не имели смысла. Нужна была принципиально иная конструкция, то есть такая, которая совмещала бы в себе и «штырь» и «конус».

Когда была объявлена советско-американская программа и начались подготовительные работы к совместному полету кораблей двух стран, родилась и новая конструкция.

Внешне, как я уже сказал, она напоминает цветок с раскрытыми лепестками, и уже не штырь входит в приемный конус, а направляющие грани лепестков одного корабля скользят по боковой поверхности таких же лепестков, установленных на стыковочном узле другого корабля. Лепестки крепятся на специальном кольце, соединенном с кораблем через амортизаторы, гасящие соударение. Выдвижение кольца или его втягивание меняют «статус» корабля: в первом случае он становится активным, а во втором — пассивным.

Новый стыковочный узел, разработанный советскими и американскими

специалистами, отрабатывался в лабораториях на стендах. И вот теперь получены данные об успешной работе этого устройства на борту «Союза-16». По заключению космонавтов, разработчиков и по данным обработки телеметрии, оно многократно срабатывало без нарушения принятой кинематики составных узлов и элементов, и притом быстрее, чем во время наземных испытаний.

Успешно прошли проверку в реальных условиях полета и модернизированная система жизнеобеспечения, системы ориентации и управления движением, другие бортовые устройства. Отрабатывались радиотехнические системы, система электропитания, световая сигнализация.

Техническое руководство советской стороны программы «ЭПАС» дало высокую оценку исследовательскому труду экипажа «Союз-16» и отметило исключительную надежность техники.

Итак, как же будет проходить совместный полет кораблей двух стран?

Первым будет стартовать «Союз» с советского космодрома. Примерно через семь с половиной часов в США будет запущен корабль «Аполлон». Старт «Аполлона» возможен и на вторые и третьи сутки после запуска «Союза». Около суток «Аполлон» будет совершать самостоятельный полет, а затем намечается сближение и стыковка кораблей. В состыкованном состоянии они образуют пилотируемую космическую систему, которая будет управляться и стабилизироваться как единое целое. Орбитальный полет такой системы продлится примерно двое суток. За это время космонавты несколько раз перейдут из одного корабля в другой и будут про-

водить научно-технические эксперименты.

Вначале два американских космонавта с переносной телевизионной камерой перейдут через стыковой отсек в «Союз» и через несколько часов вернутся в «Аполлон». На следующие сутки в «Аполлон» перейдет советский космонавт. Иными словами, космонавты смогут на орбите «побывать в гостях» друг у друга. Согласно принятым правилам, один американский и один советский космонавт должны находиться за пультами управления своих кораблей.

Во время совместного полета операции причаливания и стыковки могут быть повторены. Окончательно состыковавшись, корабли будут выполнять полет по самостоятельным программам, затем совершат посадку: «Союз» — на территории СССР, а «Аполлон» — в акватории Тихого океана.

Советский Союз открыл человечеству дорогу в космос, и она расширяется теперь усилиями многих стран. — Земля — космический дом всего человечества, и все мы должны быть заинтересованы в том, чтобы благоустроить его и жить в мире и согласии, — сказал я Томасу Стаффорду, когда мы беседовали в его кабине в Хьюстонском центре.

Командир экипажа «Аполлон» согласно закивал головой и ответил на русском языке:

— О да, это наша общая забота, наш долг и наша обязанность.

Хьюстон — Москва

■  
*Стыковочные агрегаты «Аполлона» (слева) и «Союза» (справа). После точного сопряжения колец обоих агрегатов замки защелкиваются, активное кольцо втягивается и корабли жестко соединяются между собой*

Доктор технических наук  
А. И. ЛАЗАРЕВ

## Десять лет спустя

**15 июля 1975 года запуском корабля «Союз», с космонавтами А. А. Леоновым и В. Н. Кубасовым на борту, начнется первый совместный советско-американский полет. Командир корабля Алексей Архипович Леонов через десять лет после полета на корабле «Восход-2» снова участвует в выдающемся космическом эксперименте, в котором многое будет осуществляться впервые.**

18 марта 1965 года в 10 часов по московскому времени на орбиту искусственного спутника Земли был выведен космический корабль «Восход-2», пилотируемый Павлом Ивановичем Беляевым и Алексеем Архиповичем Леоновым. Через полтора часа после вывода корабля на орбиту А. А. Леонов впервые в мире совершил выход в открытый космос, выполнил программу научных исследований и благополучно возвратился в корабль. Этот замечательный космический эксперимент известен во всем мире. О первом выходе человека в открытый космос написано много научных и популярных статей и книг, где подробно рассказывается о всех этапах эксперимента, прославившего советского человека, советскую науку и технику.

Меньше известны результаты визуальных наблюдений атмосферно-оптических явлений на ночном и сумеречном горизонте Земли, впервые выполненных А. А. Леоновым во

время 26-часового полета космического корабля «Восход-2». Так получилось, что в первое время после полета «Восхода-2» все внимание было сосредоточено на анализе материалов, полученных во время выхода в открытый космос, а результатам визуальных наблюдений не было уделено достаточного внимания. Первыми впечатлениями о них А. А. Леонов поделился, выступая на пресс-конференции 26 марта 1965 года в актовом зале Московского университета:

«Необъятный космос предстал передо мной во всей своей неописуемой красоте. Первый взгляд на Землю. Она величественно проплывала перед глазами. Земля казалась плоской. И только кривизна по краям напоминала о том, что она все-таки шар. Несмотря на достаточно плотный светофильтр, я видел яркие облака, лазурь Черного моря, крошку побережья, Кавказский хребет, Новороссийскую бухту. Наступила пора покинуть корабль и выйти в космос...

Перед моими глазами медленно стал разворачиваться наш чудесный космический аппарат. Я ожидал увидеть резкие контрасты света и теней, но ничего подобного не было. Находящиеся в тени части корабля были достаточно хорошо освещены отраженными от Земли лучами Солнца.

Немного потянул на себя фал и стал медленно приближаться к борту. Затем я снова оттолкнулся от корабля и, поворачиваясь вокруг поперечной оси, стал медленно отходить от корабля. Перед глазами открылось величие космического пространства. Яркие немигающие звезды на фоне темно-фиолетового с переходом в бархатную черноту бездонного неба

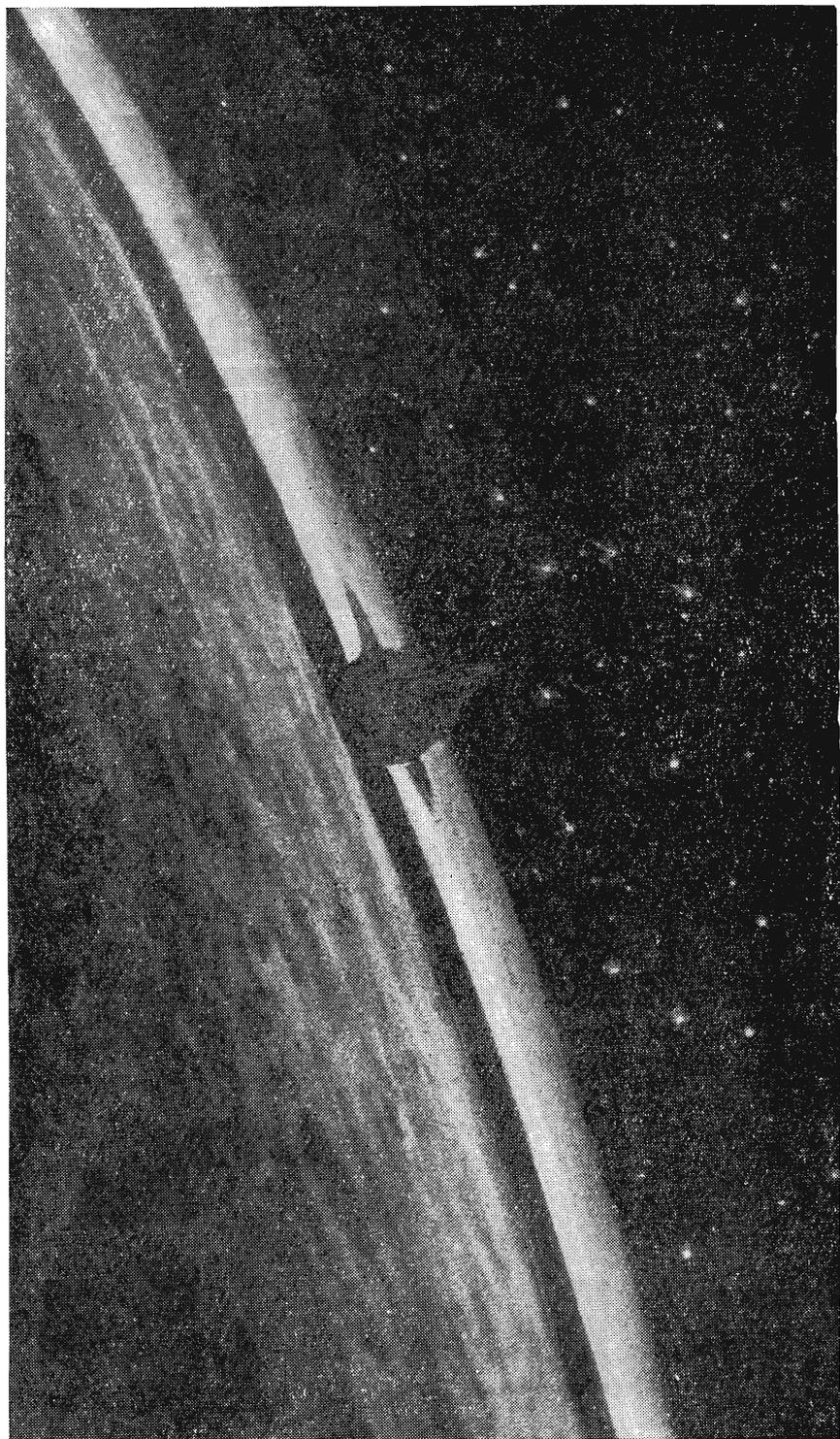


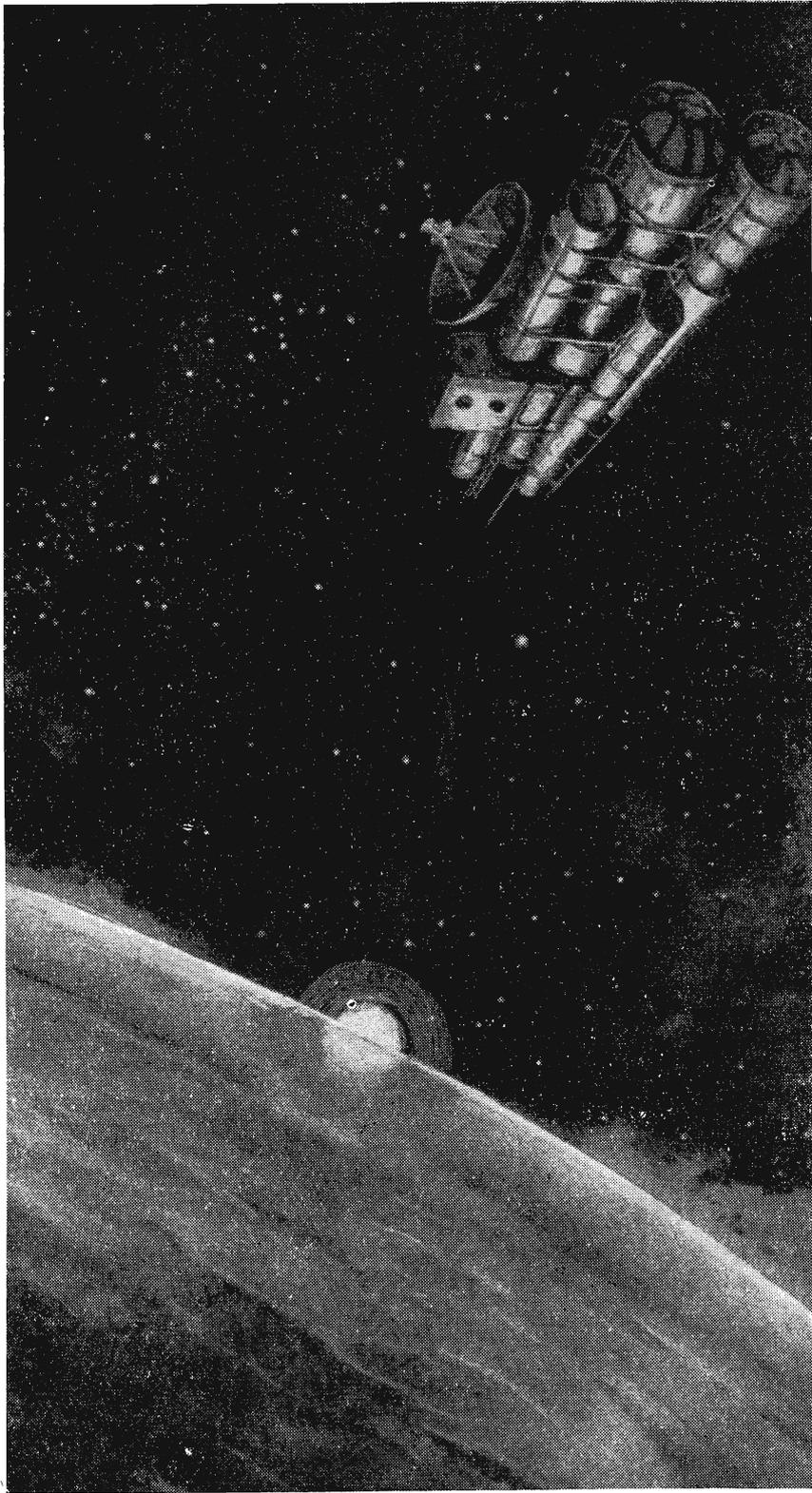
сменялись видом Земли. Передо мной проплывали величавые зеленые массивы, я узнал Волгу, горный хребет седого Урала, потом увидел Обь, Енисей, как будто я проплывал над огромной красочной картой. Расстояние не позволило определить города и детали рельефа, но тому, кто знаком с кистью и мольбертом, трудно подыскать более величественную картину, чем та, которая открывалась передо мною. Солнце яркое, как бы вколоченное в черноту неба, проникая через забрало гермошлема, ощущимо согревало лицо. Затем опять звезды, земные просторы».

Возвратившись из космоса, А. А. Леонов по результатам своих наблюдений и эскизам, выполненным на борту космического корабля «Восход-2», написал красочные картины «Утро в космосе», «На орбите—большая космическая станция», «Голубой пояс Земли» и др.

Многие картины А. А. Леонова представляют не только художественную, но и научную ценность. Юрий Алексеевич Гагарин в предисловии к первому альбому картин А. А. Леонова и А. К. Соколова «Ждите нас, звезды» высказал смелое предположение: «Космос бесконечно разнообразен. По мере проникновения в межпланетное пространство все чаще будут встречаться с такими явлениями, о

■  
*«Утро в космосе». Репродукция с картины космонавта А. А. Леонова. Космонавт-художник запечатлел момент, когда диск Солнца только что поднялся из-за горизонта. Над Солнцем на короткое время вспыхнул ореол, напоминающий по своей форме старинный русский кокошник*





которых до этого вообще ничего не было известно. Но ведь именно эти новые проблемы, о которых мы сейчас и не догадываемся, и обеспечивают те качественные скачки, которые существенно расширяют наши знания законов природы...

В рисунках, опубликованных в альбоме, через призму художественного восприятия рассказывается о том, что уже известно науке, а также о том, что ученые еще сегодня и не знают. В научных исследованиях часто бывают «неожиданные» результаты и «неожиданные» гипотезы. Так поступают иногда и авторы рисунков». Это предвидение Ю. А. Гагарина прекрасно подтвердилось при анализе атмосферно-оптических эффектов, запечатленных на картинах А. А. Леонова.

Детальное и всестороннее изучение результатов визуальных наблюдений с космического корабля «Восход-2» началось после моей встречи с А. А. Леоновым 20 мая 1972 года в Звездном городке. В теплой, дружеской и непринужденной беседе Алексей Архипович подробно рассказал о наиболее ярких впечатлениях и весьма важных и интересных для науки наблюдениях и показал альбомы репродукций своих картин и оригиналы некоторых рисунков. Изучение всех материалов, полученных с космического корабля «Восход-2», позволило

■

*«На орбите — большая космическая станция». Репродукция с картины А. А. Леонова. Красота и целесообразность станут основным принципом художественного конструирования будущих космических аппаратов*



впервые обнаружить ряд неизвестных ранее атмосферно-оптических эффектов на ночном и сумеречном горизонте Земли. При этом некоторые «неожиданные» результаты удалось объяснить только в свете современных представлений.

Анализ результатов наблюдений с космического корабля «Восход-2» начнем с явлений, изображенных на картине «Утро в космосе». Эта картина полностью документальна. Эскиз к ней А. А. Леонов сделал во время полета цветными карандашами на страницах бортжурнала. На картине у горизонта Земли изображено восходящее Солнце, окруженное лучами его короны. Для одновременного наблюдения Солнца и короны можно создать коронограф со слабопропускающим светофильтром. Все дело в том, как высоко над горизонтом находится Солнце и на какой высоте пролетает космический корабль. Чем выше поднимается космический корабль, тем меньше угловой размер светящегося слоя атмосферы. А угловой размер солнечной короны постоянен. Поэтому на высоте полета более 500 км корона будет видна через слабосветящийся слой верхней атмосферы Земли. На меньших высотах полета наблюдению короны будет мешать излучение более плотных слоев атмосферы.

Напомним теперь, какой была орбита космического корабля «Восход-2». Ее апогей составлял около 500 км, тогда как высота полета всех других космических кораблей, летавших по орбитам искусственных спутников Земли, не превышала 350 км.

Есть и другая любопытная деталь картины «Утро в космосе», а также

некоторых других документальных зарисовок А. А. Леонова. У сумеречного горизонта расположены три резко очерченных цветных слоя: красный, желтый и голубой. Размер каждого из них — около 10 угловых минут, что для высоты 500 км соответствует 8-километровой вертикальной протяженности. Уже с высоты 250 км видны цветные слои сумеречного ореола, правда, с плавно изменяющимися границами. С высоты 500 км из-за уменьшения угловых размеров слоев и переходных зон между ними взору предстала картина резко разделенных цветных слоев.

А вот еще одно интересное наблюдение, сделанное с «Восхода-2». Картина «На орбите — большая космическая станция» иллюстрирует способность земной атмосферы создавать зеркальное (френелевское) отражение световых лучей при небольших углах скольжения. В дальнейшем способность земной атмосферы создавать заметное зеркальное отражение под небольшими углами скольжения была подтверждена наблюдениями и фотографиями с других космических кораблей. А с орбитальной станции «Скайлэб» в декабре 1973 года, по-видимому, удалось зарегистрировать зеркальное отражение Солнца от газо-пылевого хвоста кометы Когоутека. Наблюдения А. А. Леонова подсказали объяснения ряда других атмосферно-оптических явлений френелевским отражением как при вхо-

де в плотные слои атмосферы, так и при выходе за ее пределы, а также возможность исследования френелевского отражения от атмосфер других планет и комет. («Земля и Вселенная», № 5, 1974 г., стр. 4—6.— Ред.)

Голубой пояс Земли, изображенный на одноименной картине, удалось наблюдать только на одном витке полета корабля «Восход-2», когда корабль находился на ночной стороне Земли. Речь идет о резко очерченном слое серо-голубого цвета у ночного горизонта Земли. Сквозь этот слой высотой около 80 км были видны звезды и планеты, но их цвет менялся от белого к красному. Вероятно, причиной эффекта были серебристые облака, которые обычно образуются на высоте около 80 км. А это значит, что серебристые облака можно обнаружить из космоса на ночной стороне Земли. (До сих пор наблюдения и исследования серебристых облаков как с Земли, так и из космоса проводились только в сумеречных условиях.)

А. А. Леонов в открытом космосе снял на киноплентку яркий блик в пролетах земных облаков. Этот блик можно объяснить отражением солнечного излучения от весеннего снега с настом.

Результаты визуальных наблюдений А. А. Леонова с космического корабля «Восход-2» позволяют существенно расширить возможности исследования природной среды из космоса.

В программу совместного полета «Союз» — «Аполлон» включены экспериментальные исследования оптических явлений в космосе, в том числе фотографирование солнечной короны. Предусмотрена и широкая программа визуальных наблюдений.

*Солнечная корона и светящийся слой земной атмосферы при наблюдении на высотах 200—300 км (слева) и на высоте 1000 км (справа)*



Доктор физико-математических наук  
Я. ЭЙНАСТО

## «Скрытая» масса в галактиках

Обычно считается, что мы достаточно хорошо знаем структуру нормальных галактик, а потому в будущем можно ожидать лишь уточнения в принципе уже известных закономерностей. Исследование нормальных галактик часто представляется областью, далекой от главных интересов астрофизики, областью, где нет шансов столкнуться с неожиданностью. Однако если взглянуть внимательнее, то и здесь можно встретить противоречия и непонятные явления. Одно такое противоречие связано с массой галактик.

### КАК ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ МАССЫ ГАЛАКТИК

Массы небесных тел астрономы определяют, изучая их движение. Если некоторое тело (его можно называть пробным телом) движется по круговой орбите в поле тяготения другого, более массивного тела, то масса последнего вычисляется по формуле:

$$M = \frac{Rv^2}{G},$$

где  $G$  — гравитационная постоянная,  $R$  — радиус орбиты и  $v$  — скорость тела на круговой орбите. Из этой формулы следует, например, что скорость движения внешних планет Солнечной системы должна быть меньше внутренних, поскольку круговая скорость уменьшается пропорционально  $R^{-1/2}$ .

Та же формула применяется, когда нужно исследовать распределение массы в галактиках, только вместо полной массы тела в формулу входит  $M(R)$  — масса галактики внутри сферы радиуса  $R$ . В спиральных галактиках имеются звезды и межзвезд-

**Галактика — это не только светящееся вещество. Каждую массивную звездную систему окружает протяженная оболочка невидимой материи.**



ный газ, которые находятся в плоскости симметрии этих галактик и движутся по круговым орбитам. Изучение движения этих объектов, служащих пробными телами, и дает нам информацию о распределении массы в галактиках. Если на периферии галактики зависимость круговой скорости от расстояния приближается к закону  $R^{-1/2}$ , то внутренняя масса  $M(R)$



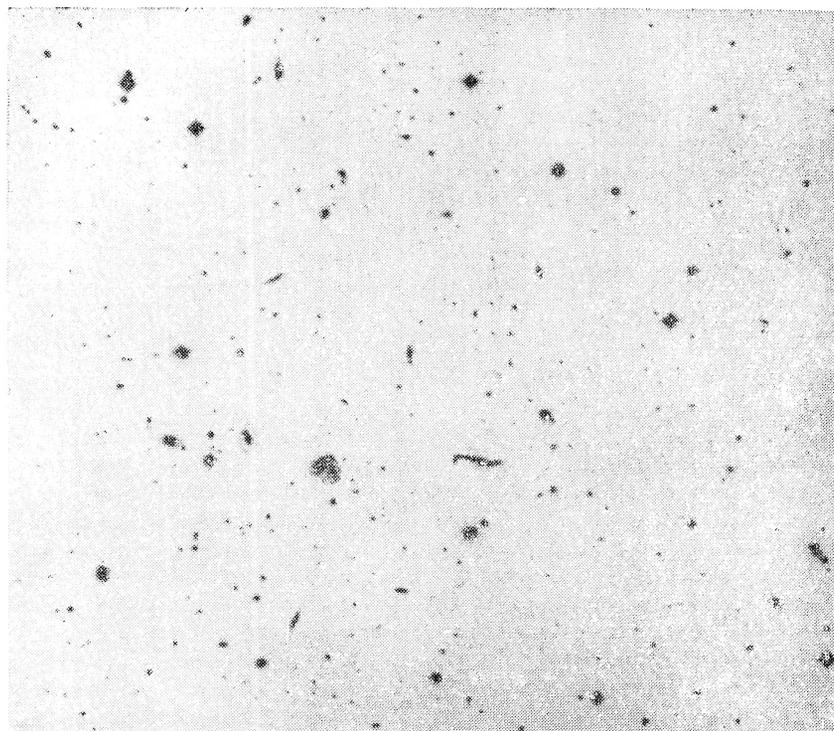
*Изменение скорости движения планет Солнечной системы (пунктирная линия), круговой скорости внутри спиральной галактики NGC 6946 (сплошная линия) и круговой скорости для группы спиральных галактик, вычисленной по дисперсии скоростей галактик-спутников (кружки)*

стремится к пределу, равному полной массе галактики.

Труднее оценить массу эллиптических звездных систем и скоплений галактик, поскольку звезды в этих галактиках и галактики в скоплениях движутся хаотически, и мы не можем измерить круговую скорость прямо из наблюдений. Но как в эллиптических галактиках, так и в скоплениях галактик можно определить дисперсию лучевых скоростей членов системы. Из динамики звездных систем следует, что дисперсия пропорциональна круговой скорости, причем коэффициент пропорциональности зависит от структуры исследуемой системы и от формы орбит ее членов. Если удастся определить дисперсию скоростей для системы в целом, то можно оценить и ее полную массу. Такие массы называются **динамическими**.

Но как определить массы далеких галактик, для которых невозможно получить информацию о движениях членов системы? В этих случаях астрономы применяют косвенный метод, находя из наблюдений светимость и цвет галактики и приписывая галактике определенное соотношение между массой и светимостью. Последнее соотношение зависит от звездного состава галактик. Если бы все звезды в галактике были такие же, как Солнце, то ее масса и светимость, выраженные в солнечных единицах, были бы равны. Когда в галактике имеется много массивных звезд, у которых светимость на единицу массы (удельная светимость) гораздо больше, чем у Солнца, отношение массы к светимости для всей галактики меньше единицы. Если же в галактике преобла-

дают звезды малой массы, удельная светимость которых гораздо меньше солнечной, то отношение массы к светимости галактики будет больше единицы. О звездном составе галактики можно судить по ее типу (спиральная или эллиптическая) и цвету. Разумеется, зависимость между цветом и отношением массы к светимости нужно калибровать по близким галактикам, для которых известны динамические массы. Определенные таким косвенным путем массы называются **фотометрическими**.

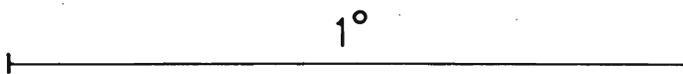


#### ПАРАДОКС МАССЫ

В 1933 году американский астроном Ф. Цвикки занимался определением масс объектов, входящих в богатое скопление галактик в созвездии Волосы Вероники. Он обнаружил, что динамические массы галактик этого скопления чуть ли не в 100 раз больше тех, которые можно ожидать, судя по светимости галактик. И вот уже 40 лет этот парадокс массы галактик волнует астрономов. Проблема стала особенно острой, когда советский ученый И. Д. Караченцев и американский исследователь Т. Пейдж установили,

■  
*Центральная область скопления галактик в созвездии Геркулеса*

■  
*Ореол вокруг эллиптической галактики M87, входящей в богатое скопление галактик в созвездии Девы. Изофоты соответствуют одинаковым почернениям на фотопластинке, полученной с предельно большой экспозицией. Центральная светлая область раньше считалась всей галактикой*



что парадокс массы присущ почти всем системам галактик — парам, группам и скоплениям. Недавно обнаружен аналогичный парадокс и в гигантских одиночных галактиках. Наблюдения показывают, что скорости вращения галактик на периферии не пропорциональны  $R^{-1/2}$ , а остаются почти постоянными. Но тогда внутренняя масса  $M(R)$  пропорциональна  $R$ , то есть она растет с увеличением расстояния. С другой стороны, согласно фотометрическим данным, поверхностная яркость убывает в периферийных областях галактик по экспоненциальному закону, а отсюда следует, что полная светимость галактики внутри сферы с радиусом  $R$  приближается к определенному пределу — полной светимости галактики. Предложено два объяснения парадокса массы.

Академик В. А. Амбарцумян уже в 1958 году обратил внимание на то, что взрывные явления играют очень важную роль в эволюции галактик. Если допустить, что взрывная активность свойственна не только галактикам, но и их системам, то последние могут находиться на стадии расширения. Тогда динамические определения массы пришлось бы пересмотреть.

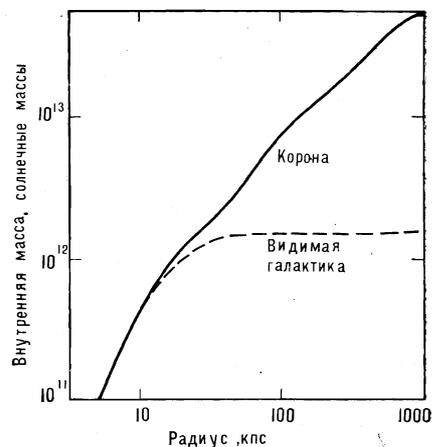
Гипотеза о нестационарности систем галактик встречается, однако, очень серьезное возражение. Если скопления действительно разлетаются, то по скорости движения галактик и современным размерам скопления нетрудно вычислить момент начала расширения, а значит, и образования всей системы. Этот срок оказывается удивительно коротким — от нескольких сот миллионов до нескольких миллиардов лет. Между тем все другие методы указывают на большой (по-

рядка 10 млрд. лет) возраст галактик. Поэтому для объяснения парадокса массы была выдвинута новая гипотеза. Она предполагает, что в системах галактик имеется некоторая «скрытая» масса, обеспечивающая своим притяжением длительное их существование. В США были предприняты поиски этой массы. Аппаратура, установленная на ракетах и спутниках, зарегистрировала рентгеновское излучение от богатых скоплений галактик. Исследование его спектра показало, что мы имеем дело с очень горячим газом. Но масса вновь открытого газа примерно в 10 раз меньше динамической, и парадокс массы в скоплениях галактик так и не получил объяснения.

Очень важное открытие сделали в 1969 году известные американские наблюдатели Ж. Вокулер и Х. Арп вместе с молодым итальянским астрономом Ф. Бертола. Снимая на 48-дюймовом телескопе Шмидта гигантскую эллиптическую галактику  $M 87$  в созвездии Девы, они обнаружили вокруг звездной системы протяженную слабосветящуюся оболочку. Масса оболочки пока не известна, и потому мы не знаем, устраняет это открытие парадокс массы в галактиках или нет.

#### НЕВИДИМЫЕ КОРОНЫ ГАЛАКТИК

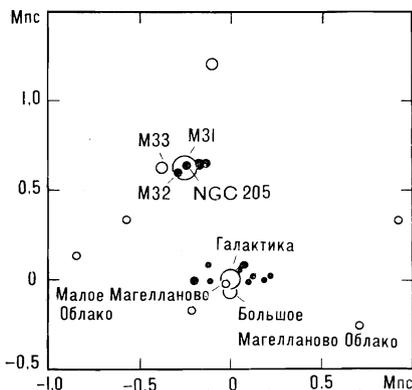
Как определить массу периферийных областей галактик? Уже отмечалось, что движение пробного тела по круговой орбите обусловлено в основном притяжением вещества внутри этой орбиты. Чтобы выяснить, находится ли вещество в периферийных областях галактик, нужно использо-



вать как пробные тела очень далекие объекты.

Первое определение динамической массы галактик за пределами их видимых размеров было выполнено в начале 1974 года астрономами Тартуской обсерватории. Пробными телами служили спутники галактик. Всего рассматривалось 105 пар галактик. Оказалось, что с увеличением среднего расстояния между компонентами средняя скорость спутника (точнее, дисперсия скоростей спутников по отношению к главным галактикам) не уменьшается, как следовало бы ожидать, если вся масса центральной галактики была бы сосредоточена в ее видимых пределах. Напротив, дисперсия скоростей не зависит от расстояния между компонентами пар, а следовательно, и круговая скорость не зависит от расстояния. Этот результат не случаен, ибо вычисленная по движению спутников круговая скорость почти точно совпадает с круговой скоростью центральной галактики на ее периферии. Но постоянство круговой скорости означает увеличение внутренней массы  $M(R)$ . Когда рас-

*Распределение массы  $M$  внутри сферы с радиусом  $R$  в галактиках. Во внутренних частях галактики сосредоточено видимое вещество. На расстоянии примерно 30 кпс от центра галактики преобладает корона, «скрытая» масса которой почти в 10 раз больше видимой массы галактики*

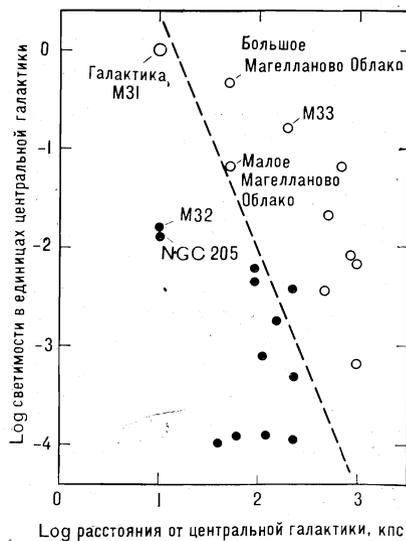


стояние между парами галактик увеличивается от 10 до 250 кпс, масса внутри орбиты спутника  $M(R)$  растет с  $3 \cdot 10^{11}$  до  $10^{13}$  солнечных. Это подтвердили и американские астрономы Дж. Острайкер, П. Пиблс, А. Яхил, которые показали, что нарастание внутренней массы продолжается еще дальше, почти до 1 Мпс. Значит, галактики окружены очень массивными и протяженными оболочками. Их размер! заметно превышает наиболее протяженное население галактик — гало. Новую составляющую мы предлагаем называть **короной**.

Что можно сказать о ее структуре? Сравнение данных о движении спутников галактик разной светимости и типа показывает, что короны галактик имеют разную массу и среднюю плотность. Чем массивнее галактика и выше ее светимость, тем массивнее корона. Корона нашей Галактики имеет массу около  $10^{12}$  солнечных, короны гигантских эллиптических галактик в 10—30 раз больше.

Массивная корона существенно меняет динамику галактик. Согласно новой модели Галактики, скорость освобождения в окрестности Солнца равна приблизительно 500 км/сек (вместо 350 км/сек по старой модели), а энергия выхода звезды из Галактики в 6 раз больше энергии кругового движения (вместо двух раз, согласно старой модели). Следовательно, Галактика — в высшей степени изолированная система. Звезды практически не могут ее покинуть. Эволюционные теории, основанные на предположении о диссипации звезд из галактик в результате гравитационных взаимодействий, лишились своей основы.

До сих пор мы рассматривали гра-



Расположение галактик, входящих в Местную систему (начало координат находится в центре) Галактики. Эллиптические галактики обозначены точками, спиральные и неправильные — кружками

Распределение спутников нашей Галактики и туманности Андромеды (М31) по фотографической светимости и расстоянию от центральной галактики. Эллиптические спутники (точки) располагаются на диаграмме, как правило, левее «линии сегрегации» (пунктир), неправильные (кружки) — правее

витационные эффекты корон галактик. Но короны взаимодействуют с погруженными в них галактиками не только гравитационно. Например, мы обнаружили, что все эллиптические спутники галактик располагаются внутри сферы с определенным радиусом, а спиральные и неправильные спутники лежат вне этой сферы. Радиус такой «сферы сегрегации» зависит от светимости и массы спутника: для более массивных спутников «сфера сегрегации» находится ближе к центральной галактике.

Американские астрономы Г. Рууд и И. Кинг уже несколько лет назад указали на то, что если «скрытое» вещество существует в скоплениях галактик, то оно должно распределяться примерно так же, как и галактики. Мы установили, что такое сходство наблюдается и в группах галактик. Плотность короны и системы спутников падает к периферии обратно пропорционально квадрату расстояния, и корона и система спутников у галактик, подобных нашей, имеют внешний радиус порядка 1 Мпс. Спутники, вероятно, можно считать видимыми элементами в короне.

Спутники и корона окружают все близкие и хорошо изученные массивные спиральные галактики. У далеких галактик обнаружить спутники труднее, но в крупные телескопы их можно увидеть. Создается впечатление, что корона со спутниками присуща всем массивным галактикам.

### КОРОНЫ ГАЛАКТИК — ГАЗ ИЛИ КАРЛИКОВЫЕ ЗВЕЗДЫ?

Разделение спутников галактик по морфологическому типу, возможно,

объясняется выдуванием газа из спутников. Этот механизм был предложен советским астрофизиком А. Д. Черниным, который теоретически предсказал разделение спутников по морфологическому типу.

Действительно, разделение спутников происходит в сущности лишь по одному признаку: много или мало в нем газа. Эллиптические спутники лишены собственного газа, а в спиральных и неправильных — газа много. Статистика молодых звезд показывает, что темп звездообразования пропорционален квадрату плотности межзвездного газа. В галактиках малой плотности, таких как неправильные спутники нашей Галактики, звездообразование протекает очень медленно. В соответствии с теорией формирования звезд, в этих галактиках и теперь еще много газа. Но как объяснить его отсутствие в карликовых эллиптических спутниках, плотность которых часто даже меньше плотности неправильных галактик? При нормальных обстоятельствах только небольшая доля их газа должна быть израсходована в процессе звездообразования. Но если такой спутник движется сквозь газовую корону галактики, то возникает корональный ветер, выдувающий газ из спутника. Газ может сохраниться лишь в том спутнике, который находится на периферии короны, где корональный ветер, вследствие малой плотности короны, слаб, или в массивных и плотных спутниках, обладающих сильным гравитационным полем. Поэтому очевидно, что радиус «сферы сегрегации» зависит от массы галактики-спутника.

Если предложенная интерпретация соответствует действительности, коро-

ны галактик когда-то состояли из газа. Сохранился ли этот газ до наших дней?

Открытие рентгеновского излучения от скоплений галактик и необычная структура «хвостатых» радиоисточников, которую формирует газовая среда скопления («Земля и Вселенная», № 2, 1975 г., стр. 29—32.— Ред.), указывает, что газ в коронах есть. Однако, по расчетам Б. В. Комберга, И. Д. Новикова и А. Д. Чернина, процент газа в короне не может быть высоким. По-видимому, содержание газа в короне было высоким только в начальной стадии развития галактик. Не случайно, в карликовых эллиптических галактиках встречаются лишь старые звезды: газ был выдут из этих галактик на ранней стадии их эволюции, и позже звезды уже не могли образоваться.

Современный состав вещества в короне остается загадочным. Наиболее естественно предположить, что газ превратился в звезды. Но при столь низкой плотности, как в короне, звездообразование невозможно. Тем более трудно представить себе переход почти всей массы короны в звезды. Не спасает и предположение, что звезды короны возникли около центральной галактики, в более плотной среде, ибо нет источника энергии для последующего выброса звезд из глубокой потенциальной «ямы» вблизи центральной галактики.

Если приведенные выше динамические определения масс различных систем галактик подтверждаются, тогда мы сможем сказать, что парадокс массы в галактиках и системах галактик объясняется существованием в них «скрытого» вещества. Массы га-

лактик и систем галактик вместе с коронами окажутся примерно в 10 раз большими, чем считалось до сих пор. Это очень важно для космологии. По новым данным, суммарная масса вещества в единице объема составляет примерно 20% от критической космологической плотности (старая оценка всего 2%). И так как межгалактическое пространство вряд ли пусто, то плотность всего вещества может даже превосходить критическую. В таком случае наша Вселенная не будет расширяться беспредельно.

Возможность существования в галактиках большого количества «скрытого» вещества порождает новые, не менее трудные проблемы. Какова природа этого вещества? Почему столь значительная доля массы остается в невидимом состоянии и лишь около 10% вещества сосредоточено в галактиках?

## НОВАЯ СТРЕЛЬЦА

6 октября 1974 года любитель астрономии Ю. Куано (Япония) обнаружил новую звезду в северо-восточной части созвездия Стрельца. Ю. Куано ведет регулярные поиски новых звезд, используя 35-миллиметровую камеру, и уже открыл Новую Цефея 1971 года.

Координаты Новой Стрельца: прямое восхождение  $17^{\text{h}}45^{\text{m}}.7$ ; склонение  $-18^{\circ}45'$ . Звезда видна в двух градусах к востоку от звездного скопления М 23. В момент открытия блеск ее достигал 9-й звездной величины.

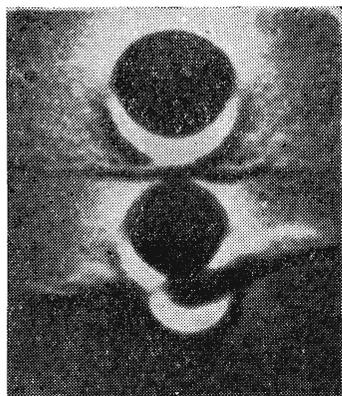
«Sky and Telescope», 48, 6, 1974

## ПРИРОДА V-ОБРАЗНЫХ ХРЕБТОВ НА ЛУНЕ

Существование кратерных цепочек на Луне не подлежит сомнению. Очень часто десятки вторичных кратеров вытягиваются почти в радиальном направлении от гигантского лунного цирка. Иногда кратерные цепочки находятся на значительном расстоянии от первичного кратера. И тогда бывает трудно указать, выбросы из какого именно цирка породили эти вторичные кратеры. Положение несколько изменилось в 1969 году, когда американские астрономы Дж. Джаст и Д. Мюррей заметили на кратерных цепочках V-образные хребты. Нанизываясь на эти цепочки, они формируют структуры, напоминающие «елочку».

Как правило, V-образные системы локализируются в зоне обширных выбросов из крупных цирков — Коперника, Теофила, Аристарха и др. В месте пересечения хребтов почти всегда наблюдаются два вторичных, соприкасающихся кратера. Высота хребтов колеблется от 10 до 100 м. Случается, что они тянутся на 8 км, а иногда лишь на 1 км. Многие V-образные структуры не связаны с кратерными цепочками.

Как могли возникнуть на Луне подобные структуры? Оказывается, при одновременном формировании двух вторичных кратеров вплотную друг к другу оседающий лунный грунт может выстраивать два гребня, которые пересекаются под углами от 17 до 122°. Величина этого угла определяется углом между линией полета двух глыб из первичного кратера и линией, соединяющей центры двух вторичных кратеров, которые образовались в результате падения глыб. Для изучения этой зависимости американские исследователи В. Обербек



и Р. Морисон имитировали в лаборатории V-образные структуры («The Moon», 9, 3/4, 1974). В вакууме две пули практически мгновенно формировали в грунте, подобном лунному, два кратера рядом друг с другом и V-образную структуру между ними. Начальные скорости полета пули и угол выброса исследователи

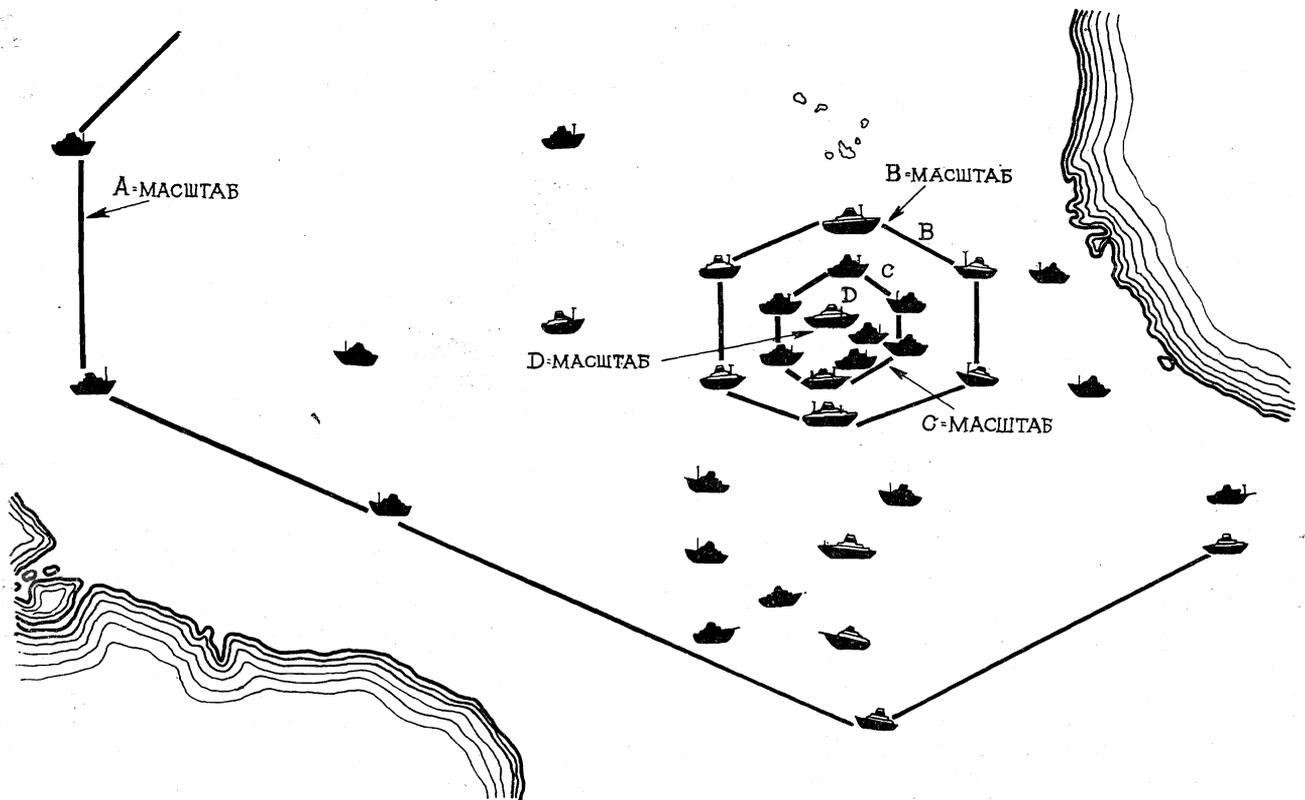
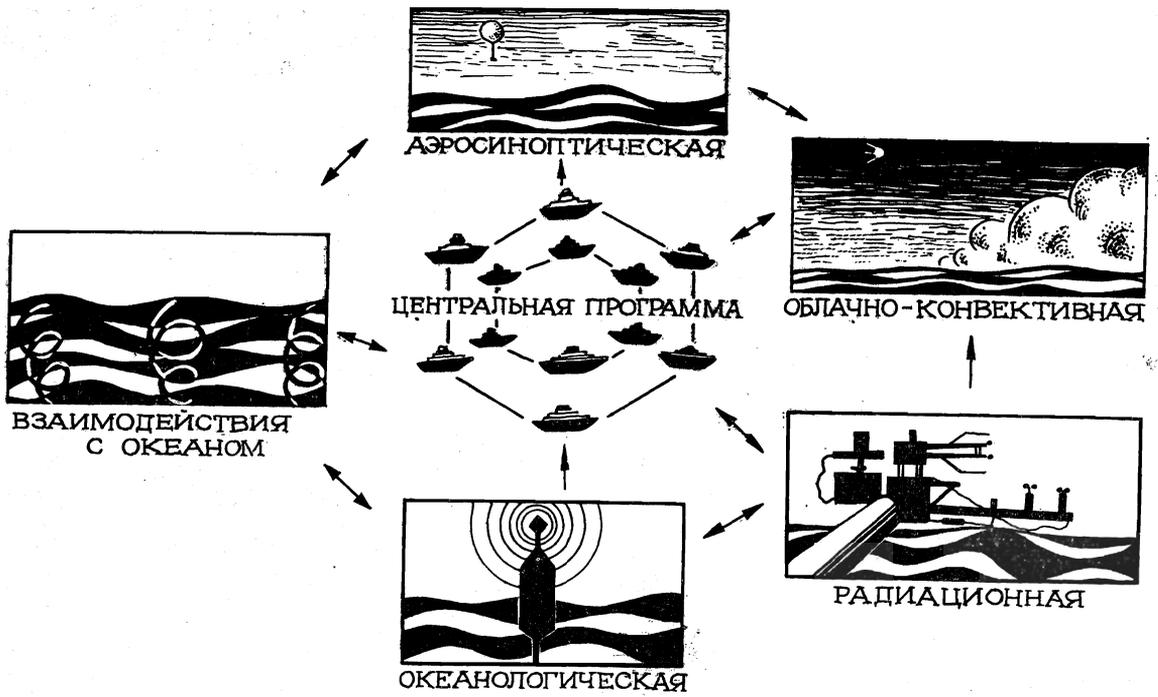
Кратерная цепочка с V-образными хребтами вблизи лунного цирка Аристарх. Снимок получен экипажем «Аполлона-17»

Кратеры с V-образной структурой, сформированные при одновременном взрыве в лаборатории (слева) и на Луне (справа)

дователи выбрали после того, как тщательно изучили расположение вторичных и третичных кратеров вокруг цирка Коперник. Согласно модельным экспериментам, выброшенные из цирка Коперник фрагменты породили многие вторичные кратеры, ударяясь о лунный грунт под углом менее 30° к горизонту.

V-образные структуры дали уникальную возможность исследовать особенности выброса пород почти из каждого большого лунного цирка. По величине же угла между хребтами и взаимному расположению соприкасающихся кратеров в цепочке можно судить, выбросы из какого кратера сформировали ту или иную кратерную цепочку на Луне.

А. В. БУГАЕВСКИЙ





Профессор  
В. С. САМОЙЛЕНКО

## Программы «ПИГАП» и «ТРОПЭКС» в действии

### ЧТО ТАКОЕ «ПИГАП»?

Во всех отраслях естествознания с каждым годом проявляется все больший интерес к глобальным проблемам, так как с каждым годом становится все более очевидным, что полностью понять и глубоко познать законы природы нашей планеты можно только через целостное, а не локальное восприятие, через ее всеобщее, а не частное изучение.

И, конечно, это прежде всего относится к естественным процессам, происходящим в земной атмосфере, которая вообще внутри себя никаких границ не имеет, а число «степеней свободы» для всех атмосферных движений безгранично. Ведь именно поэтому атмосферные процессы обладают наибольшей сложностью, неупорядоченностью, неуправляемостью и непредсказуемостью, а в предсказании они как раз более всего нуждаются, так как от них зависит изменения погоды и климата на всем земном шаре. Нечего и думать, что человечество сможет когда-нибудь улучшить предсказуемость атмосферных процессов и найти пути к их управляемости, если не будет обладать знаниями тех «глобальных законов», которым подчиняется атмосферная циркуляция в целом.

*Схема взаимодействия «субпрограмм» в геофизическом эксперименте «ТРОПЭКС-74»*

*Расположение научно-исследовательских судов согласно А-, В-, С- и D-масштабам наблюдений. Черные силуэты на карте — иностранные научно-исследовательские суда, силуэты с белым верхом — советские*

**В тропических широтах Атлантического океана проведен уникальный геофизический эксперимент. Объединенными усилиями нескольких государств в течение трех месяцев с борта 30 научно-исследовательских кораблей изучались основные закономерности атмосферной циркуляции и ее взаимодействие с океаном.**

Несколько лет назад были разработаны проекты глобального научного исследования атмосферы. Проекты уже получили международное признание, оформление и соответствующее официальное наименование. По-русски, это — «ПИГАП» (программа исследования глобальных атмосферных процессов), а по-английски — «GARP» (Global Atmospheric Research Programme).

Конечным итогом этой программы будет составление наиболее совершенной и наиболее близкой к действительности математической модели атмосферной циркуляции на Земле. Для того чтобы эта модель была совершенной, ее нужно строить с учетом всех природных факторов, оказывающих влияние на атмосферную циркуляцию. А чтобы она отвечала действительности, все численные параметры математических уравнений должны быть взяты из природы, так как умоглядно их определить невозможно. Оба эти условия требуют глобального наблюдательного эксперимента, охватывающего весь земной шар и длящегося не менее года.

### «СУБПРОГРАММЫ»

Чтобы выполнить главную задачу, потребовалось создать внутри общей программы пять отдельных «субпрограмм»: аэросиноптическую, облачно-конвективную, радиационную, программу взаимодействия атмосферы с земной поверхностью и океанологическую.

Каждая из этих «субпрограмм» обладает самостоятельностью, специфической методикой и задачами, и в то же время все они органически связаны друг с другом, чтобы обеспечивать построение наилучшей модели общей атмосферной циркуляции на Земле.

«Субпрограммы» не были придуманы лишь для удобства управления экспериментом, хотя и помогали этому. Они стали необходимостью, подсказанной самой природой вещей и состоянием наших знаний об атмосферных процессах. Мы хотим пояснить истинное значение каждой из них. Знания наши ограничены, и поэтому единого мнения о том, какие физические процессы являются первостепенными, управляющими атмосферной циркуляцией и несущими главную ответственность, — нет. Весьма распространено мнение, что атмосферной циркуляцией управляют законы гидродинамики и уравнения движения, выражающие эти законы. Поэтому правомерно построение чисто гидродинамических моделей атмосферной циркуляции (без учета притоков и оттоков тепла). Согласно такой точке зрения, для познания законов атмосферной циркуляции надо наилучшим образом изучать только ее саму, то есть воздушные течения и действующие на них механические силы.

Отражением этих идей, а также средством для их проверки и стала первая — **аэросиноптическая подпрограмма** глобального эксперимента. Она базируется на совместном анализе синоптических карт, представляющих барическое и ветровое поле земного шара на всех доступных исследованиям высотах над уровнем моря.

Однако многое в природе указывает на явную недостаточность гидродинамических моделей атмосферной циркуляции. В гидродинамических моделях не учитывается водяной пар, а ведь он таит в себе огромные запасы скрытого тепла, выделяющегося при образовании облаков и стимулирующего развитие конвективных циркуляционных ячеек самого различного масштаба, вплоть до поражающих своей мощью тропических ураганов, которые вызывают сильнейшие возмущения атмосферной циркуляции. («Земля и Вселенная», № 1, 1975 г., стр. 4—13.— Ред.) Эти идеи нашли отражение во второй — **облачно-конвективной** (термодинамической) «субпрограмме» глобального эксперимента. Программа включает изучение влажности воздушных масс, процессов конденсации водяного пара в атмосфере, облачных ячеек и облачных полей.

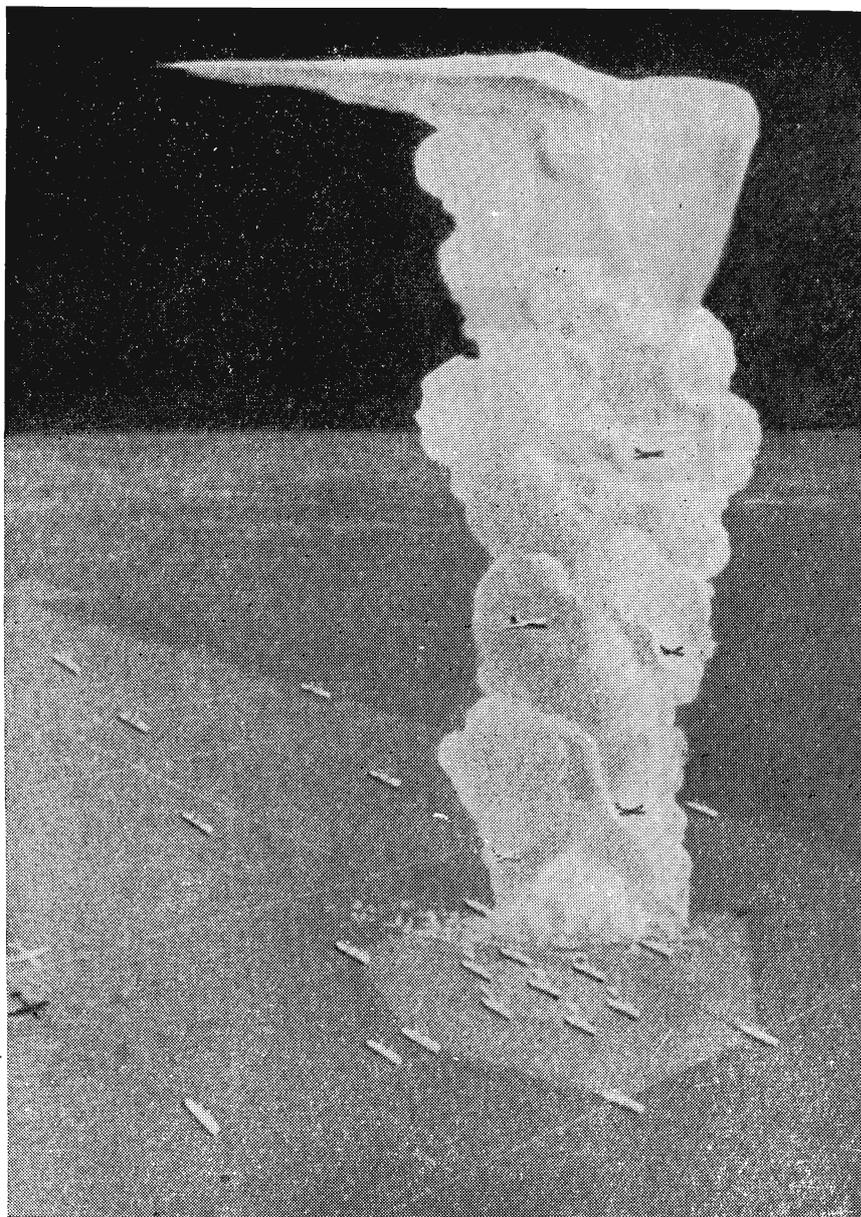
Но и динамические и термодинамические модели глобальной атмосферной циркуляции не могут быть совершенными, если в них не учитывается поступающее в атмосферу и на земную поверхность тепло солнечной радиации, а также радиационные тепловые потоки между атмосферой и поверхностью Земли. Без учета поступления и распределения солнеч-

ной радиации, как первоисточника энергии всех атмосферных процессов, математические модели «повиснут в воздухе», и в буквальном, и в переносном смысле этого выражения. Поэтому в программе «ПИГАП», большое место занимает третья — **радиационная «субпрограмма»** — измерения и расчет солнечной, земной и атмосферной радиации.

Однако хорошо известно, что сама

атмосфера поглощает солнечную радиацию лишь в небольшой степени. Этой способностью обладают лишь содержащиеся в ней водяной пар и облака. Поглощается же и аккумуля-

■  
*Схема типичного мощного конвективного облака во внутритропической зоне конвергенции*





руется тепло солнечной радиации почвенным и растительным покровом материков, и, в особенности, водами океанов, притом на различных широтах в весьма различных количествах.

■ *Величественные кучевые облака — характерные образования внутритропической зоны конвергенции. Именно им было уделено главное внимание в исследовательских программах «ТРОПЭКС»*

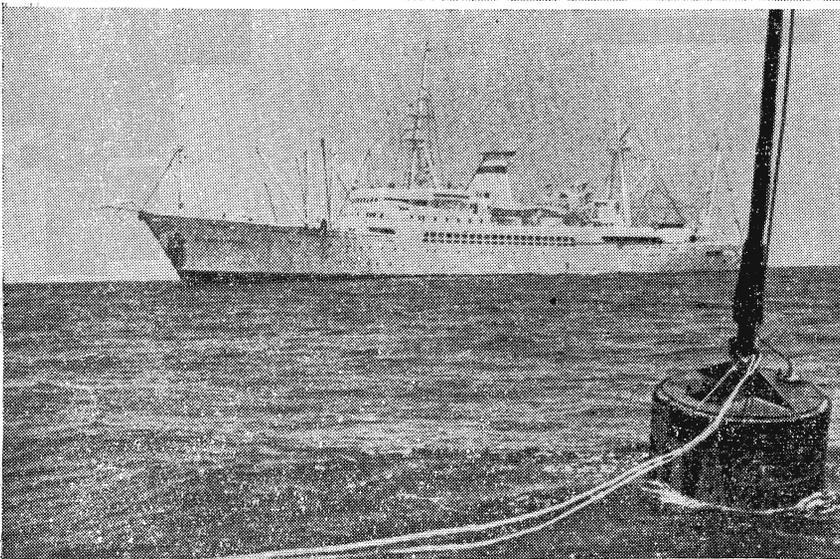
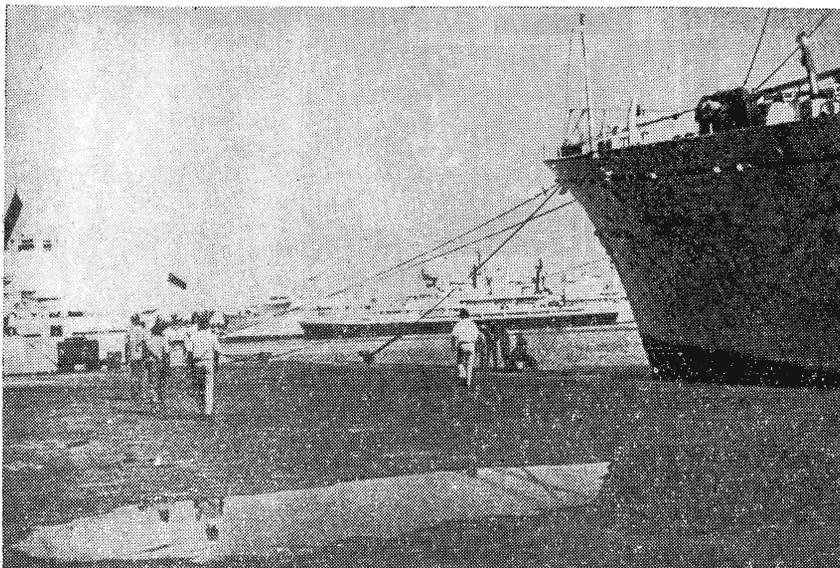
Это решающим образом сказывается на структуре атмосферной циркуляции. В ней возникают структурное расчленение, множество фронтальных разделов, разграничивающих весьма различные по своим свойствам воздушные массы — морские и континентальные, арктические, умеренные, тропические, экваториальные. Не учитывая свойств различных воздушных масс, условий их формирования и распространения, глобальная модель ат-

мосферной циркуляции не сможет быть близкой к действительности. Этим условиям отвечает четвертая «субпрограмма», посвященная изучению **взаимодействия между воздушными массами и земной поверхностью и, в особенности, между атмосферой и океанами**. Она основывается на детальном изучении тонких процессов, происходящих в постоянно соприкасающихся между собой пограничных слоях океанов и атмосферы.

Но океаны земного шара и существующая в них циркуляция вод столь тесно связаны с глобальной атмосферной циркуляцией, с динамикой и термодинамикой воздушных масс, что для изучения этих взаимосвязей создана специальная пятая «субпрограмма» — **океанологическая**. Главная задача этой программы — изучение океанической циркуляции существующих в Мировом океане систем течений, переносящих огромные массы тепла из одних районов земного шара в другие. Эта пятая «субпрограмма» подчеркивает единство природных физических процессов в океанах и атмосфере.

#### «ТРОПЭКС» — ПЕРВЫЙ ЭТАП ПРОГРАММЫ «ПИГАП»

Столь всеобъемлющая глобальная научная программа может быть только международной. За последние годы ее разработке были посвящены многие, проводившиеся под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО), конференции, семинары и симпозиумы. Разработанная программа получила официальное оформление и поддержку правительств ряда стран. Теперь она сошла



со страниц протоколов и резолюций международных совещаний, с графиков и схем и претворяется в жизнь. Правда, полное осуществление глобального наблюдательного эксперимента намечено на 1978—1979 годы,

*Все корабли — участники эксперимента — собрались в Дакаре*

*«Академик Курчатов» несет научную вахту*

Фото автора

но первый этап этой научной программы уже осуществлен летом минувшего года в Атлантическом океане под названием тропического наблюдательного эксперимента — «ТРОПЭКС-74», или «АТЭП» (GATE). После того, как эксперимент завершен, мы можем с удовлетворением отметить, что все работы выполнялись действительно так, как они задуманы и записаны в международных документах. Остается рассказать, как это было и о чем говорят полученные результаты.

В середине июня 1974 года иссле-

довательские корабли разных стран в назначенные сроки собрались в нескольких «точках» Атлантического океана. Но собрались не все вместе, а группами по 5—6 кораблей, и в течение 2—3 дней путем одновременных наблюдений предварительно сверяли различную измерительную аппаратуру.

После этого все корабли разошлись, каждый в назначенное ему постоянное место, и с 27 июня все начали единую программу наблюдений первой двадцатидневной фазы эксперимента. Среди кораблей было 13 советских, пять из США, два из ФРГ, два французских, два английских, два бразильских и по одному из Канады, Мексики и Нидерландов. Размещение кораблей было тщательно продумано. Они стояли так, чтобы иметь в поле зрения процессы любых масштабов.

Одной из главных задач «ТРОПЭКС» как первого этапа глобальной программы была оценка вклада, вносимого циркуляциями разного масштаба в общую атмосферную циркуляцию.

В тропической зоне океанов наиболее крупномасштабная атмосферная циркуляция, охватывающая весь океан и прилегающие материки на тысячи километров, представляет собой систему двух в высшей степени устойчивых пассатных потоков. Потoki постепенно сближаются и образуют вблизи экватора планетарную внутритропическую зону конвергенции (ВТЗК). Эту наиболее крупномасштабную из всех возможных на Земле атмосферных циркуляций, охватывающую тысячи километров, назвали в эксперименте «А-масштабом». Для



наблюдений за процессами такого масштаба служила вся армада исследовательских кораблей, распределенных более или менее равномерно по всей тропической зоне океана — от берегов Африки до Америки.

Внутри глобальной устойчивой пассатной циркуляционной системы время от времени возникают региональные возмущения меньшего масштаба. Они имеют форму или «восточных волн», которые приводят к возмущениям ветрового поля, или местных барических депрессий. Последние, перемещаясь с востока на запад, иногда порождают тропические циклоны. Масштаб таких циркуляций, охватывающих сотни километров, был обозначен, как «В-масштаб». В восточной части тропической зоны, где такие возмущения возникают чаще всего, было расставлено шесть кораблей в виде многоугольника на расстоянии друг от друга около 300 миль для наблюдений за «В-масштабом».

Здесь во внутритропической зоне конвергенции очень часто возникают циркуляции еще меньшего размера в виде скоплений мощных ливневых облаков масштаба десятков километров — «С-масштаб». Для наблюдений за циркуляциями такого масштаба внутри «В-шестиугольника» был создан «С-шестиугольник», с расстояниями между кораблями около 150 миль. Класс еще меньших по размерам циркуляций, связанных с отдельными кучево-дождевыми облаками, размерами не более нескольких километров, представляющий «D-масштаб», служил объектом наблюдений всех кораблей.

Перед тем как начать программу совместных и синхронных наблюде-

ний, корабли расставили около двух десятков заякоренных буев, с аппаратурой для измерений течений, существующих в океане на различных глубинах. Находясь все время в своих точках, корабли непрерывно наблюдали за всем, что происходит в океане и атмосфере, и ежедневно измеряли все, что поддается измерению.

Самой важной и самой трудной частью программы наблюдений было частое радиозондирование атмосферы до самых больших высот, которых может достигнуть летящий баллон с приборами. Ведь радиозондирование позволяло определять над каждым из кораблей скорость и направление воздушных течений, их температуру и влажность.

Все результаты наблюдений немедленно передавались по радио на специально оборудованное судно связи, которое их ретранслировало в Москву, Вашингтон и другие национальные метеорологические центры, а также в научно-организационный центр «ТРОПЭКС», размещавшийся в Дакаре. Им руководил доктор Г. Кютнер (США).

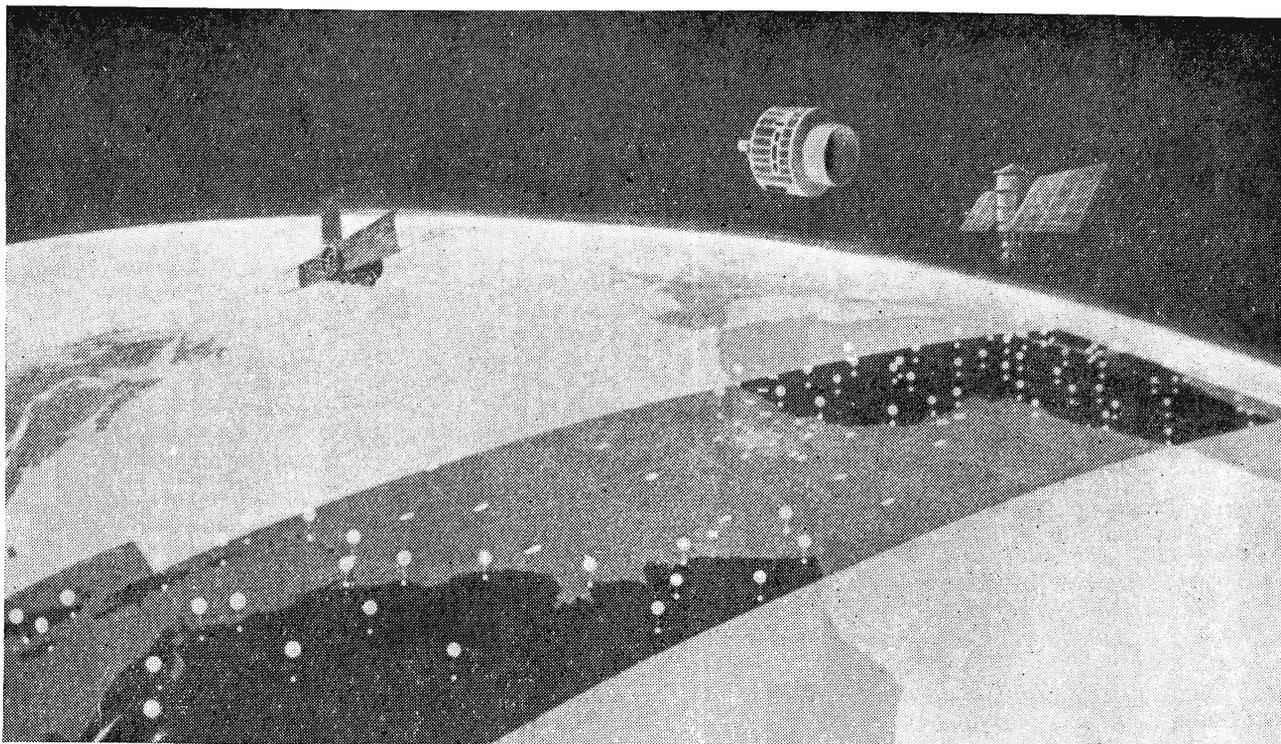
Над океаном ежедневно летали американские и советские исследовательские самолеты, выполнявшие программу разнообразных радиационных, облачных и температурных измерений в свободной атмосфере над тем районом, где было сосредоточено наибольшее количество кораблей — в шестиугольниках «В» и «С». Со своих орбит американские и советские спутники ежедневно и еженощно передавали на Землю телевизионные и инфракрасные изображения облачного покрова и земной поверхности.

После успешного завершения в пол-

ном соответствии с программой первой фазы наблюдений все корабли на несколько дней покинули свои места и направились в различные порты для отдыха, пополнения запасов и оборудования и подготовки к центральной, второй фазе эксперимента. Она должна была начаться 25 июля и продолжаться тоже 20 дней.

К началу второй фазы наблюдений все корабли вновь вернулись на свои места. Прибыло и еще несколько экспедиционных судов для того, чтобы провести «внутри» тропического эксперимента еще один эксперимент — экваториальный, целью которого было исследовать структуру и изменчивость системы океанических течений близ экватора. В экваториальном эксперименте участвовало девять судов: три советских, два из США, по одному из ГДР, Франции, ФРГ и Англии. Координатором действий всех судов, проводящих этот эксперимент, был исследовательский корабль АН СССР «Академик Курчатов», постоянное место которого было как раз на самом экваторе.

В период проведения эксперимента два научно-исследовательских корабля «Академик Курчатов» (СССР) и «Александр Гумбольдт» (ГДР) включились в социалистическое соревнование. Между ними поддерживались наиболее дружеские контакты. Кроме представителя Института мореведения ГДР, на борту «Курчатова» трудились двое ученых из Океанографического института США в Майями. Они работали со своей измерительной аппаратурой и несколькими оригинальными буями, которые «Курчатов» должен был установить в назначенные точки.



К концу самой насыщенной изменениями второй фазы у всех участников эксперимента накопилось столько впечатлений, размышлений и нерешенных вопросов, что для ответа на них стал совершенно неизбежным сбор всех кораблей вместе. Такая встреча тридцати кораблей состоялась в Дакаре с 21 по 28 августа, но ей предшествовала еще одна, промежуточная, групповая сверка измерительных приборов в открытом океане. В Дакаре каждый день в течение целой недели проводились запланированные и незапланированные встречи участников «ТРОПЭКС» между собой как в помещении научно-организационного центра, так и на борту кораблей. Это было проявлением подлинного взаимозаинтересованного сотрудничества ученых всех стран. После

■  
*Схема расположения судов в тропическом поясе Атлантики. Белые шары — береговые и островные аэрологические станции, включенные в эксперимент, штрихи — корабли в море*

Дакары все корабли вновь вернулись на свои места и провели завершающую, третью, двадцатидневную фазу эксперимента.

Мне кажется, что все участники «ТРОПЭКС» были бы готовы сколь угодно долго продолжать этот беспримерный научный эксперимент, если бы благоразумие и здравый смысл не подсказали, что собран уже столь богатый и обширный материал наблюдений, что главной задачей становится его научная обработка, на которую и следует сейчас обратить все силы.

Конечно, научные результаты «ТРОПЭКС» полностью раскроются не сразу. Для этого потребуется еще немало времени и труда, потребуется всесторонний и комплексный научный анализ результатов измерений, полученных по всем «субпрограммам» эксперимента. Однако уже сейчас можно сказать о некоторых важных выводах, родившихся еще на борту кораблей в результате обсуждения повседневно наблюдавшихся событий. Так, например, стало ясно, что действие

давно установленного в метеорологии «барического закона ветра», согласно которому воздушные течения подчиняются полю атмосферного давления и отклоняющей силе вращения Земли, по мере приближения к экватору все более ослабевает и уже на пятой параллели действие этого закона прекращается. В приэкваториальных широтах господствуют иные ветры — не «барические», а либо инерционные, либо компенсационные.

Со всей силой в этих широтах проявляется решающее влияние на состояние погоды, количество облаков и выпадающих осадков величины «конвергенции» в приземном поле ветра. Конвергенция становится единственным регулятором и управителем атмосферных процессов.

Кроме того, обнаружено, что изменчивость общего влагосодержания атмосферы в этих широтах очень велика. В связи с характером атмосферной циркуляции на высотах оно может изменяться в 2—2,5 раза.

Важным результатом следует считать получение надежных количест-

Кандидат физико-математических наук  
**Ю. А. ВОЛКОВ**  
Доктор физико-математических наук  
**Е. М. ФЕЙГЕЛЬСОН**

## Тепловой режим тропической атмосферы

венных оценок избытка радиационного тепла, накапливающегося в водах приэкваториальных широт океана. Это тепло переносится (зимой) системой океанических течений в умеренные и высокие широты северного полушария или превращается (летом) в кинетическую энергию ураганных циклонических вихрей. Такой вихрь образовавшийся в середине сентября в Карибском море и, получивший легкомысленное название «Фи-фи», бушевал там целую неделю, а затем пересек Гватемальский перешеек и ужасающе опустошил территорию республики Гондурас, где погибло более 10 000 человек.

В последние дни эксперимента все корабли еще раз собрались вместе двумя группами и провели заключительную сверху измерительных приборов.

С глубоким чувством удовлетворения возвращались участники эксперимента в родные порты, а нашему «Академику Курчатову» предстояло еще прибыть на научно-промышленную выставку средств изучения Мирового океана в Бордо («Экспо-океан-74»), но уже не в качестве труженика-экспериментатора, а в качестве самого крупного экспоната среди исследовательских судов других стран. На этой выставке «Академик Курчатов» был не только самым «крупномасштабным» кораблем, но и наиболее насыщенным самым разнообразным научным оборудованием, и наиболее посещаемым.

Теперь нам предстоит готовиться в недалеком будущем к осуществлению полной программы исследования глобальных атмосферных процессов на земном шаре.

**Сотрудники Института физики атмосферы АН СССР рассказывают о выполнении специальной научной программы, разработанной в рамках «ТРО-ПЭКСА». Эта программа посвящена изучению механизма взаимодействия атмосферы и океана.**

Грандиозная международная экспериментальная Программа исследований глобальных атмосферных процессов («ПИГАП») началась с изучения тропической зоны Атлантического океана.

Тропический океан, получая от Солнца наибольшее количество тепла, передает часть этого тепла в атмосферу, а затем вместе с течениями и ветрами — в умеренные и высокие широты. Изучив механизм этого переноса, можно более точно прогнозировать погоду на долгие сроки, усовершенствовать теорию климата, понять возможные влияния на климат хозяйственной деятельности человека.

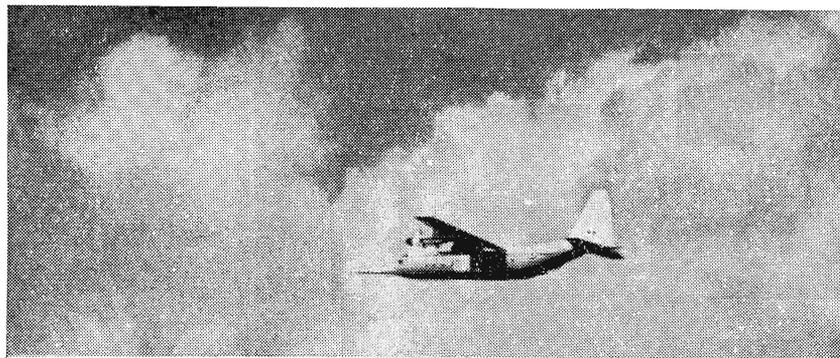
Многое еще загадочно в атмосферных процессах тропических широт. Если посмотреть на Атлантический океан с высоты спутников, то практически всегда можно увидеть отчетливый белый пояс облачности, протянувшийся с востока на запад между 10 и 5° с. ш., от Африки к берегам Америки. Эта таинственная внутритропическая зона конвергенции — зона, где встречаются пассаты южного и северного полушарий, зона активного развития мощной конвектив-

ной облачности, зона интенсивного переноса тепла и влаги от поверхности океана к атмосфере и далее в умеренные широты. Именно этот район Атлантики, наиболее интересный и важный для понимания роли тропиков в общей циркуляции атмосферы, был выбран для проведения роли атлантического тропического эксперимента «ПИГАП» — первого эксперимента этой программы. (См. статью В. С. Самойленко «Программы «ТРОПЭКС» и «ПИГАП» в действии», опубликованную в этом номере журнала.)

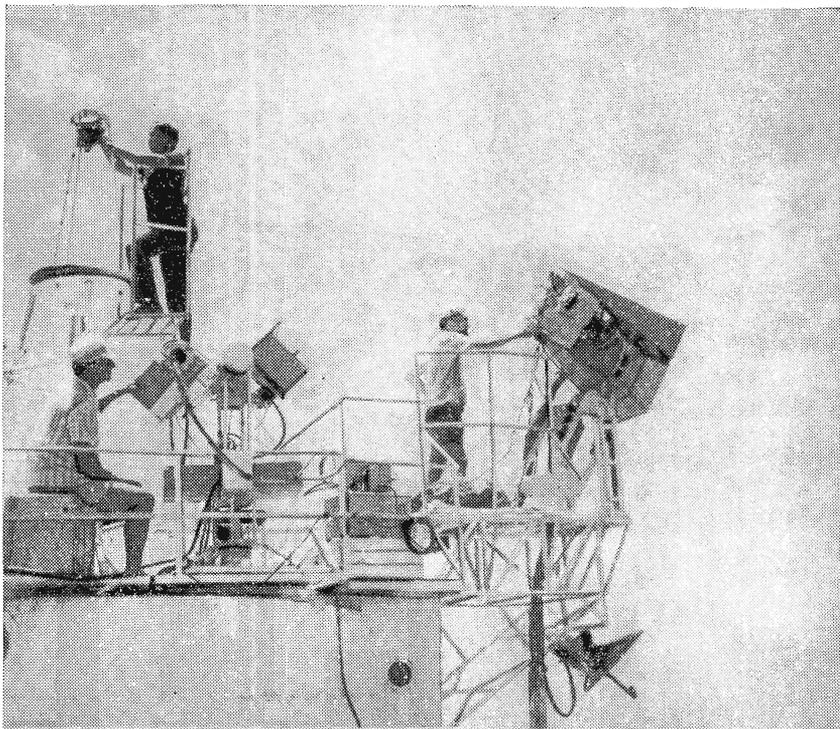
Прилегающие части Африканского и Американского континентов были покрыты сетью наземных станций. В экспедиции участвовало более 4 000 человек.

Советской экспедицией руководил директор Гидрометцентра А. М. Петросянц. Интересны эмблемы экспедиции. На одной из них изображено полушарие, Атлантика, тропическая зона и шестиугольник основного района эксперимента. Другая — более символична: бело-зеленая фигура на ней напоминает одновременно и мощное конвективное облако и африканский баобаб, ветви которого сливаются в единое «древо познания».

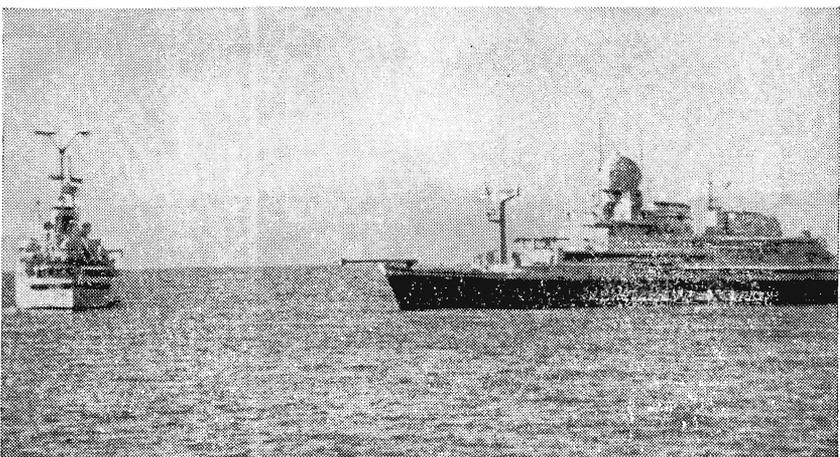
Институт физики атмосферы АН СССР принял участие в эксперименте в составе экспедиции на научно-исследовательском судне Института океанологии АН СССР «Академик Курчатов». (Начальник экспедиции К. В. Морошкин, научный руководитель профессор В. С. Самойленко.) Почти четыре месяца судно «стояло» (точнее, «лежало» в дрейфе) на экваторе в точке 23°,5 з. д., где проводились основные работы.



В рамках общей программы эксперимента отряд Института физики атмосферы (17 человек) выполнил большой объем работ, объединенных специальной программой Института физики атмосферы. Эта программа включала изучение основных форм теплопередачи в тропической атмосфере, исследование изменчивости тепловых потоков, их зависимости от внешних условий. Для этого понадобилось провести многочисленные измерения метеорологических, оптических и радиометрических характеристик атмосферы и океана, наиболее важных для формирования тепловых потоков.



Задолго до экспедиции подготавливалась специализированная аппаратура, совершенствовалась методика измерений. Был создан новый комплекс аппаратуры для оценки турбулентных характеристик атмосферы. Это — акустические анемометры, измеряющие компоненты скорости ветра, чувствительные пульсационные термометры и оптический гигрометр. Подготовлена сложная оптическая аппаратура: спектрометры для измерения прозрачности атмосферы, радио-



■  
*Летающая лаборатория входит в облака*

■  
*Измерительная аппаратура на борту корабля*

■  
*Корабли «Квадра» (на переднем плане) и «Профессор Зубов» сверяют аппаратуру*



метры для измерения собственного теплового излучения атмосферы и океана в инфракрасной и микроволновой областях спектра, узкоугольные фотометры для регистрации облачности в зените, нефелометр и счетчик-анализатор для измерения микрофизических и оптических характеристик аэрозоля. Кроме того, были сконструированы специальные стабилизирующие устройства, позволявшие ориентировать определенным образом измерительные датчики (например, по направлению ветра или на Солнце) и удерживать их в рабочем положении в условиях непрерывной качки судна.

Весь сложный комплекс аппаратуры, испытанный на Звенигородской научной базе института и частично проверенный в морских условиях во время экспедиции «ТРОПЭКС-72», успешно выдержал испытания четырехмесячного плавания в тропиках и позволил получить большой объем информации.

В течение всех трех фаз экспедиции систематически измерялись турбулентные потоки количества движения, тепла и влаги, градиенты средней скорости ветра, температуры и влажности в приводном слое воздуха над поверхностью океана. Было установлено, что несмотря на чрезвычайно малые значения градиентов температуры и влажности воздуха над поверхностью океана, вертикальные турбулентные тепловые потоки весьма велики, порядка  $150 \text{ кал/см}^2$  в сутки, и существуют благодаря мощным конвективным струям, поднимающимся от теплой водной поверхности. При этом оказалось, что скрытая теплота испарения в среднем в 5—7 раз превышает явные тепловые потоки.

А поскольку значительная часть влаги переносится в умеренные широты, то переносится и немалое количество тепла, которое затем выделяется при конденсации влаги.

Исследование временной изменчивости турбулентного обмена между океаном и атмосферой обнаруживает заметную связь с колебаниями разностей температур вода—воздух: при обычных малых значениях этой разности порядка  $+0,5$  изменчивость турбулентных потоков сравнительно невелика, но как только эта разность достигает значений  $+2^\circ$ , потоки резко возрастают почти на порядок. Интересно отметить, что во время эксперимента обнаружены слабые трех-четырёхсуточные вариации турбулентных потоков. Некоторые исследователи находят этот период весьма типичным масштабом времени для развития атмосферных процессов в тропиках. Дальнейший анализ материалов позволит уточнить этот интересный вывод.

В течение всего рейса измерялись концентрация частиц аэрозоля различных размеров и коэффициент рассеяния света в приводном слое воздуха, а также исследовалась связь с изменчивостью потоков солнечной радиации. Измеренную в широком диапазоне спектральную прозрачность атмосферы в инфракрасной области тщательно анализировали, чтобы выяснить относительный вклад водяного пара и аэрозоля в ослабление солнечной радиации. По данным микроволновых измерений излучения атмосферы определены вертикальные профили, проведено сравнение их с результатами аэрологического зондирования, а затем были рассчитаны по-

токи длинноволнового излучения, которое приходит к поверхности океана и уходит за пределы атмосферы. Инструментальные замеры количества облаков и их временной изменчивости сопоставлялись с радиационными и оптическими измерениями. Совокупность всего этого наблюдательного материала совместно с результатами других измерений, выполнявшихся на судне в актинометрическом и метеорологическом отрядах, обещает много интересных выводов. Но и сейчас уже можно сказать, что в зоне тропической конвергенции потоки солнечной радиации и теплового излучения атмосферы полностью зависят от колебаний покрытия небосвода облаками и изменений самих облаков. В ясную погоду лучистыми потоками управляет аэрозоль — морские брызги и частицы солей, либо пыль из Сахары («море мрака» далеко простирается над океаном на запад). Были определены суммы радиационного и турбулентного потоков тепла, показывающие, что океан на экваторе в среднем за сутки получает около  $300 \text{ кал/см}^2$  энергии, которые он в основном и отдает атмосфере.

Весьма интересными и важными для понимания механизма взаимодействия и процессов обмена между океаном и атмосферой оказались измерения радиационной температуры поверхности океана в инфракрасной и микроволновой областях спектра излучения. Специальная методика микроволновых измерений позволяет получать многие статистические характеристики состояния поверхности океана (прежде всего, уклоны поверхности ветровых волн и волн зыби), необходимые для определения законов обмена между океаном и атмосферой. По результатам измерений инфракрасного излучения морской поверхности можно судить о радиационной температуре самой верхней тонкой пленки поверхностной воды. Именно эта пленка непосредственно взаимодействует с прилегающими слоями атмосферы, а измерить ее температуру обычным (стандартным) способом практически невозможно.

Наблюдениями, выполненными в эксперименте, установлены вариации

Кандидат географических наук  
А. Н. КОСАРЕВ



## Проблемы южных морей СССР

поверхностной температуры порядка  $0^{\circ},2-0^{\circ},4$  с масштабами от десятков до сотен метров. Такая неоднородная структура температурного поля на поверхности океана при малых разностях средних температур воды — воздуха может порождать конвективные образования и перемежающуюся турбулентность, что и было отмечено наблюдениями.

Мы привели здесь только некоторые самые предварительные результаты анализа весьма богатого и интересного материала. Предстоит кропотливая дальнейшая обработка измерений и привлечение для анализа материалов измерений с других кораблей, которые выполнялись различной аппаратурой, по различной методике и с различной точностью. Предвидя эти трудности, научные суда периодически между фазами эксперимента собирались в определенных районах океана, чтобы сверять показания разнообразных метеорологических, гидрологических и аэрологических приборов.

Сопоставлялись также измерения с борта судна и измерения на специальном метеорологическом буе «Метеор», которые показали удовлетворительное согласие в наблюдаемых величинах.

В настоящее время ведется интенсивная работа по завершению обработки и анализу материалов экспедиции, а также подготовка результатов измерений к передаче в национальные центры сбора данных для международного обмена.

**Яркие приметы нашего времени — изменения природы под влиянием деятельности человека и возникшие проблемы охраны окружающей среды. В нашей стране особое внимание уделяется судьбе южных морей.**

### ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И РЕСУРСЫ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

Уже давно служат людям ценнейшие и разнообразные природные богатства морей. Все большую роль играют они в экономическом потенциале страны. Прежде всего, это, конечно, рыболовство хозяйство Азовского и Каспийского морей. Каспий известен и как самый старый район добычи морской нефти. Его залив Кара-Богаз-Гол обладает колоссальными химическими ресурсами.

Южные моря СССР представляют собой важные транспортные пути, связывающие между собой экономические районы многих союзных республик; через Черное, Азовское и Каспийское моря ведется и внешняя торговля. Велико также бальнеологическое значение южных морей.

За последние десятилетия в бассейнах Азовского, Каспийского и Аральского морей произошли существенные изменения их природы в результате возросшей хозяйственной деятельности человека и частично (это относится прежде всего к Каспию) под влиянием неблагоприятных гидрометеорологических условий. Так возникли проблемы южных морей СССР.

Главная отличительная особенность трех южных морей — их полная (Каспийское, Аральское) или почти полная (Азовское) изоляция от Мирового океана. По существу все основные гидрологические, гидрохимические и биологические характеристики водоемов зависят от величины и распределения поступающего в них речного стока. Сравнительная территориальная близость морей обуславливает то, что их климатические особенности формируются под воздействием одних и тех же синоптических процессов, охватывающих обширные пространства Евразии. Большая часть побережий этих морей находится в сухой и жаркой климатических зонах. Правда, климат вытянутого вдоль меридиана Каспия очень разнообразен: от сухого и сурового на севере до мягкого субтропического — на юге.

Положение морей внутри материка обуславливает континентальность их климата, которая возрастает по направлению с запада на восток. Зимой акватории Азовского моря, Северного Каспия и Аральского моря покрываются льдом, летом поверхностные слои воды прогреваются в открытых частях морей до  $23-25^{\circ}$ , а в мелководных заливах и лагунах до  $30^{\circ}$ .

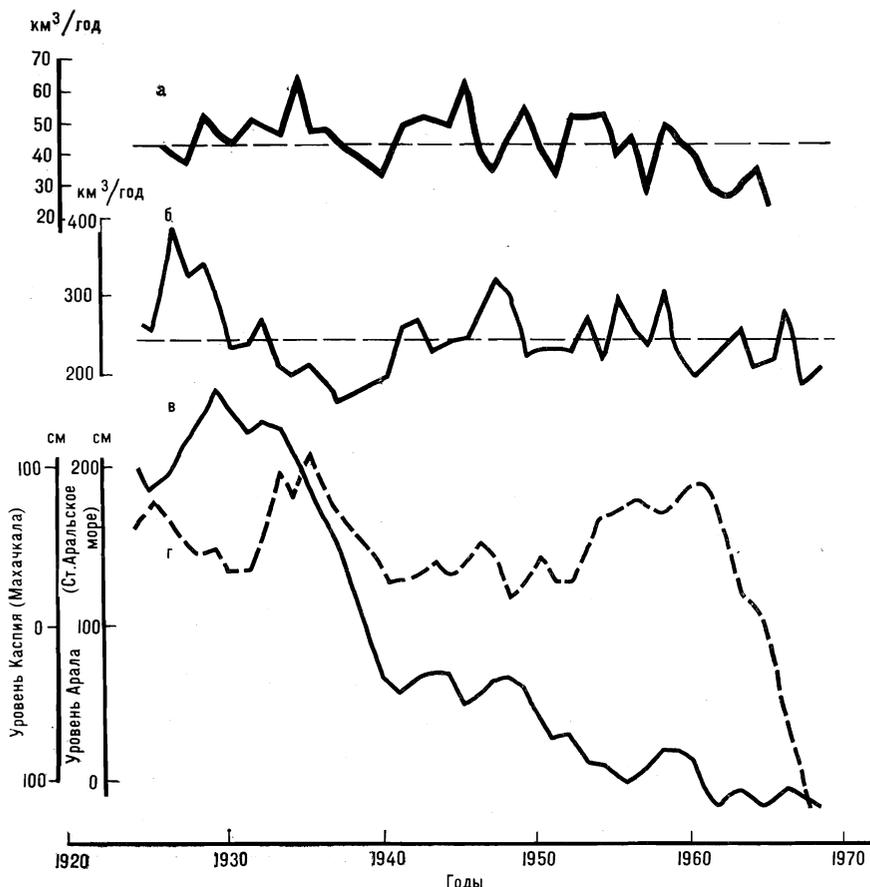
Общие для всех морей приходные составляющие водного баланса — это речной сток и осадки, а расходная — испарение. Кроме того, Азовское море имеет водообмен с Черным через Керченский пролив и незначительный отток воды в Сиваш; Каспий теряет воду за счет стока в Кара-Богаз-Гол. Из Азовского моря в Черное поступает ежегодно  $49,2 \text{ км}^3$ , а в обратном направлении —  $33,8 \text{ км}^3$  в год. Результирующий сток в Сиваш около

1 км<sup>3</sup> в год. Сток воды из Каспия в Кара-Богаз-Гол в настоящее время около 10 км<sup>3</sup> в год. Средний дефицит водного баланса за последние сорок лет в Каспийском море равен 8,8 км<sup>3</sup> в год, а в Аральском — 2,2 км<sup>3</sup> в год.

Благодаря обильному речному стоку воды южных морей имеют пониженную соленость по сравнению с нормальной океанской. Однако, если какая-нибудь часть этих водоемов оказывается более или менее изолированной, соленость воды сильно повышается, иногда до полного насыщения ее солями. Таковы залив Кара-Богаз-Гол на Каспии, Сиваш на Азовском море, мелководные култуки юго-восточного района Арала.

В стационарных условиях средняя соленость Азовского моря была 10,9‰, Аральского моря — 10,3‰, в глубоководных районах Среднего и Южного Каспия соленость изменяется незначительно в пределах 12,8—13,0‰, а в Северном Каспии в 1950—1970 годах средняя соленость колебалась от 8,0 до 9,2‰. В то же время в заливе Кара-Богаз-Гол соленость рапы доходит до 300‰!

В Аральском море многочисленные мелководные култуки с водой повышенной солености создают «парадокс Аральского моря» — кажущееся несоответствие между количеством солей, приносимых ежегодно реками, и относительным постоянством солености моря, сохранившимся до недавнего времени. Из расчетов следует, что количества солей, приносимых реками, достаточно для формирования солевой массы Арала за 800 лет (на порядок меньше времени существования моря). Профессор Л. К.



Блинов, исследовавший этот вопрос, показал, что действительный баланс сохраняется и постоянство солености достигается в результате непрерывной фильтрации сравнительно высокосоленых вод восточных прибрежных районов и потери морских солей в песчаных берегах и дне моря.

Одно из основных отличительных свойств наших южных морей — изменение солевого состава. В океанской воде главная составная часть солей — хлориды, в речной преобладают карбонаты и сульфаты. В южных морях, имеющих слабую связь с Мировым океаном или полностью изолированных от него, уменьшилось число «морских» солеобразующих ионов и увеличилось — «речных», причем это

различие возрастает по направлению от Азовского моря к Аральскому. Если вода Каспия — метаморфизированная океанская, то вода Арала — метаморфизированная речная (на столько ее солевой состав отличается от состава океанской).

Воды мелководных Азовского и Аральского морей в осенне-зимнее время перемешаны до дна, и гидрологические характеристики распределены в них весьма однородно. В глубоководных районах Каспийского моря благодаря охлаждению зимой и однородному вертикальному распределению солености также интенсивно развивается перемешивание, из-за чего глубинные слои обогащаются кислородом, а поверхностные — биогенными веществами, необходимыми для развития жизни. Сейчас содержание кислорода в придонных слоях Каспия не ниже 1,5—3,0 мл/л.

Интересно, что в Черном море зимнее перемешивание вод ограничи-

Многолетние изменения стока рек Амударьи (а) и Волги (б), а также уровней Каспийского (в) и Аральского (г) морей



вается верхним 100-метровым слоем, так как глубины заполнены солеными, тяжелыми мраморноморскими водами и вертикальные плотностные градиенты здесь непреодолимы. Именно водообмен Черного моря с Мраморным препятствует развитию перемешивания и служит главной причиной крайней обедненности фауны на глубинах Черного моря. В замкнутом Каспийском море, напротив, условия для высокой биологической продуктивности вод весьма благоприятные.

Исторически фауна южных морей сложилась как своеобразная реликтовая фауна древнего океана Тетис, остатки которой распространились на обширной территории. К этой фауне присоединились обитатели пресных вод, иммигранты из далекого Арктического бассейна, а также атлантическая (средиземноморская) фауна, отдельные формы которой проникли и в Аральское море.

По вылову рыбы на единицу площади Азовское море стоит на одном из первых мест среди всех морских водоемов мира, Каспийское не намного уступает Азовскому, а вот Аральское море бедное. В отдельные годы общий улов рыбы в Азовском море достигал 3 млн. ц.

Высокая продуктивность Азовского и Каспийского морей определяется обильным речным стоком, с которым сюда поступает большое количество биогенных веществ, а также хорошей вентиляцией вод, высокой температурой летом и длинным вегетационным периодом. В Азовском море и Северном Каспии имеет значение также большая скорость круговорота биогенных веществ. Низкая

продуктивность Арала обусловлена недостатком биогенных веществ (особенно фосфатов), приносимых реками, и слабой их оборачиваемостью.

### АЗОВСКОЕ МОРЕ

Азовское море можно считать обособленным мелководным заливом Черного моря (и обширным слабосоленым лиманом Дона). Древние греки называли его Меотидой или Меотийским болотом. Видовое однообразие фауны компенсируется ее обилием. В устьевой области Дона обитают реликтовые каспийские виды, а все остальное море заселено наиболее эвригалинной (равнодушной к изменениям солености) средиземноморской фауной и флорой.

После сооружения в 1952 году Цимлянского гидроузла и оросительных систем на Дону и Кубани ежегодный объем безвозвратно забираемой из этих рек воды достиг 15% их многолетнего стока. В результате средняя соленость моря увеличилась до 11,8‰, а концентрация минеральных форм биогенных веществ в нем стала меньше. К этим причинам добавляется еще ухудшение условий воспроизводства проходных и полупроходных рыб. Все это снизило уловы почти в четыре раза.

Институтом «Гидропроект» в 1966 году была разработана «Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Азов-

ского моря». Намечено осуществить водохозяйственные мероприятия в два этапа: до 1985 года полностью использовать собственные водные ресурсы бассейна Азовского моря, а до 2000 года — перебросить сюда сток из других речных бассейнов.

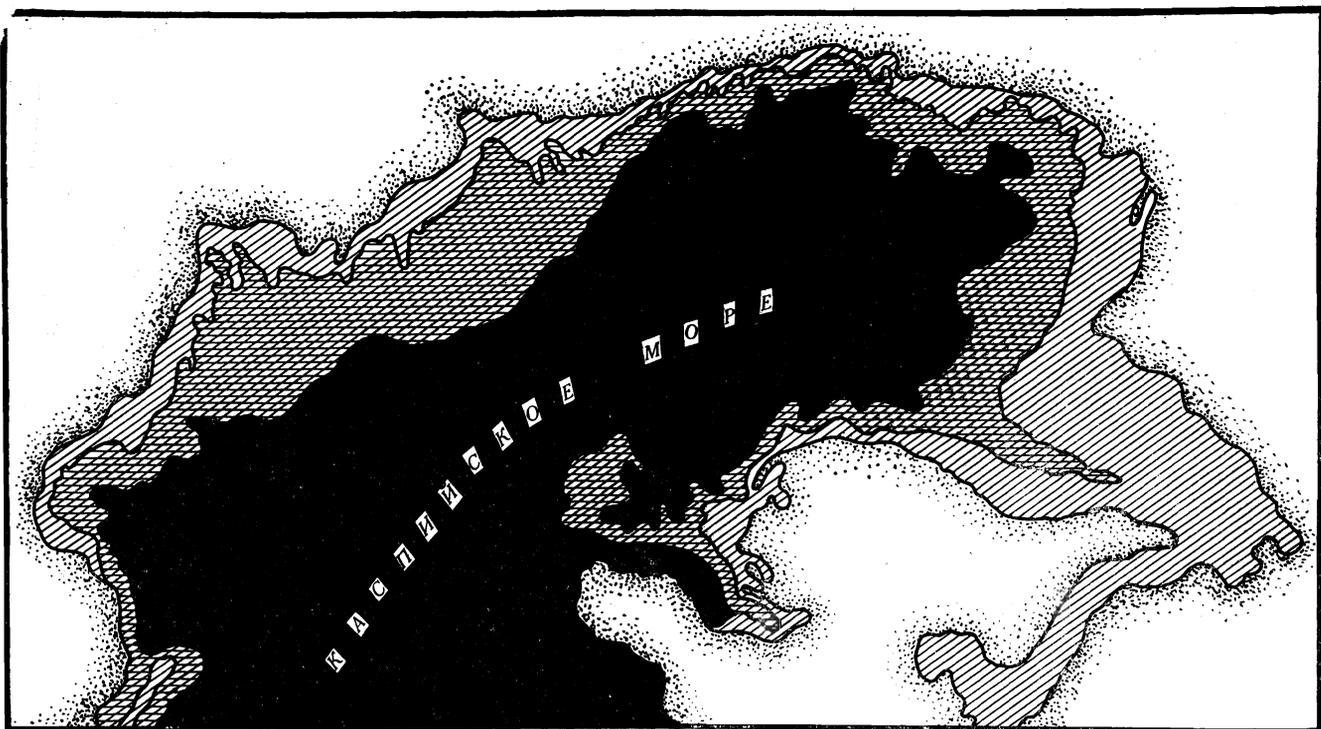
В 1972 году начались некоторые намеченные «Схемой» водохозяйственные мероприятия. Например, проектирование Керченского гидроузла для регулирования водообмена между Азовским и Черным морями.

Первые попытки улучшить природные условия Азовского моря были предприняты Д. В. Будковым еще в 1892 году и В. Д. Менделеевым в 1899 году. В обоих проектах намечалось повысить уровень моря, перекрыв Керченский пролив и углубив подход к портам.

По современным проектам удастся не только увеличить глубину, но и предотвратить осолонение Азовского моря в условиях лимитированного речного стока, а также создать кратчайшую транспортную магистраль между Крымом и Северным Кавказом (по дамбе в Керченском проливе).

Керченский гидроузел будет сооружен в северной части пролива шириной около 5 км. Его завершение намечено на 1980 год. Предполагается, что уже через 5—10 лет после ввода гидроузла соленость моря понизится до оптимальной величины и в дальнейшем ее можно будет поддерживать в заданных для народного хозяйства пределах. После 1985 года при увеличении водозабора в Азовский бассейн перебросят часть стока северных рек по Волге, Цимлянскому водохранилищу и Волго-Донскому каналу.

*Схема гидроузла в Керченском проливе для регулирования водообмена между Черным и Азовским морями*



## КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

В 30-х годах нашего столетия под влиянием значительных климатических изменений в бассейне Волги наблюдался многолетний дефицит осадков, что привело к резкому уменьшению стока и снижению уровня Каспийского моря. С 1930 по 1941 год он понизился на 1,7 м. Полностью высохли или сильно обмелели значительные акватории Северного Каспия, а средняя соленость его повысилась с 8 до 12‰. Ухудшились условия размножения и нагула промысловых рыб. В 50-х годах на дальнейшем понижении уровня сказалась уже деятельность человека. Грандиозные водохозяйственные и мелиоративные мероприятия в бассейне Волги — ввод Куйбышевской и Волгоградской ГЭС — уменьшили годовой сток Волги и изменили его годовой цикл. Всего с 1930 года до настоящего времени уровень Каспия понизился на 2,3 м, площадь северной (наиболее мелководной части) моря сократилась почти на 30 тыс. км<sup>2</sup>. Падение уровня

моря отрицательно сказалось на многих отраслях народного хозяйства, связанных с Каспием. Особенно сильно пострадало рыбное хозяйство, уловы ценных промысловых рыб существенно уменьшились. Так возникла проблема Каспийского моря и необходимость разрабатывать меры для повышения и регулирования его уровня.

Повышение и стабилизация уровня Каспия остаются актуальными вопросами сегодняшнего дня. Расчеты и прогнозы показывают, что в самых неблагоприятных условиях (низкий естественный сток, максимальное изъятие вод) уровень моря к 2000 году упадет на 4 м; при среднем стоке и средних величинах изъятия — более чем на 2 м. В условиях же вы-

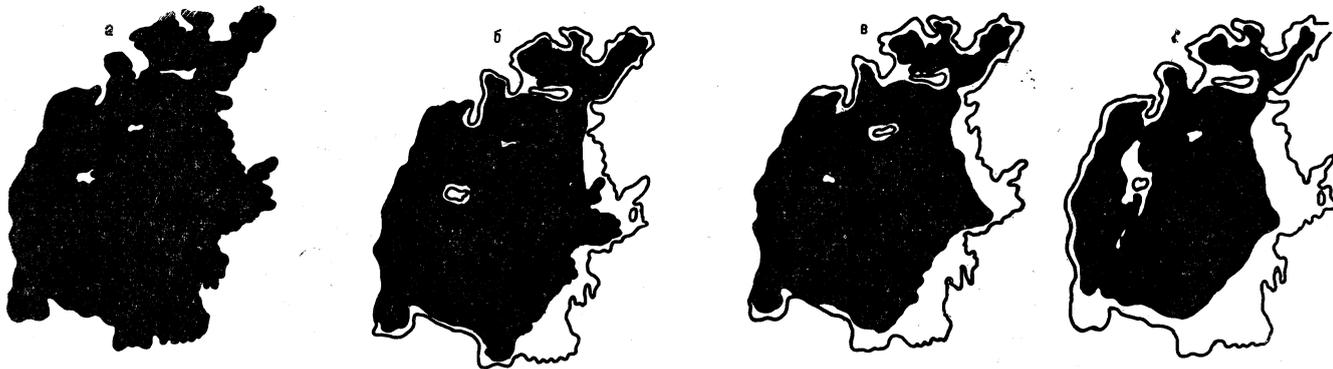
*Сокращение акватории Каспийского моря. Редкой штриховкой показана площадь моря, ставшая сушей с 1929 по 1968 годы; густой штриховкой — площадь Каспия, которая осушится при падении уровня моря еще на 2 м*

сокого стока и минимального изъятия уровень упадет на 60—70 см.

Наиболее целесообразным проектом по стабилизации уровня Каспия признана переброска части стока северных рек европейской части СССР в бассейн Волги, что позволит давать морю дополнительно около 30 км<sup>3</sup> воды в год.

Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР в 1971 году поручили Министерству мелиорации и водного хозяйства СССР совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами разработать мероприятия по организации научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ, связанных с осуществлением этого проекта, а также проекта переброски стока сибирских рек в бассейн Сырдарьи и Амударьи.

Увеличить сток бассейна Волги можно по-разному. Можно, например, перебросить в верховья Камы — главного притока Волги — до 31 км<sup>3</sup> воды за год из Печоры. Однако это приведет к затоплению больших территорий и уничтожению около мил-



лиона гектаров печорских и камских лесов. Можно перебросить в Верхнюю Волгу воды из озера Кубинское, Лача, Воже и из верховья Сухоны или из Онежского озера по Волго-Балтийскому каналу. На последнем этапе сюда подключатся другие реки — Северная Двина, Вычегда, Пинега, Мезень, Юг, а также часть бассейна Ладожского озера.

Проектные разработки ведутся с учетом возможного влияния, которое окажут такие крупные народнохозяйственные мероприятия на природу и экономику северных районов. Безусловно, это — дальняя перспектива. А пока необходимо регулировать сток каспийских вод в залив Кара-Богаз-Гол и, возможно, отделить от моря его мелководную северо-восточную часть. Сооружение в проливе между Каспием и Кара-Богаз-Голом плотины со шлюзом позволит сэкономить около 5 км<sup>3</sup> воды в год; техническая разработка этого проекта уже ведется. Отделение от Каспия северокаспийских мелководий даст возможность сократить испарение на величину около 10 км<sup>3</sup> воды в год.

В условиях все увеличивающегося комплексного хозяйственно-экономического использования моря особую остроту приобрело рациональное освоение его богатств различными отраслями народного хозяйства с минимальным ущербом для природы моря, чему посвящены специальные постановления Совета Министров СССР. Сейчас ведется строгий контроль за чистотой вод Каспийского моря и рек его бассейна — загрязнение Каспия уменьшилось, увеличиваются запасы ценных рыб и укрепляется их кормовая база. В Каспий

вселили представителей бентоса (червя nereis и моллюска синдесмию) — основную пищу осетровых рыб — из Азово-Черноморского бассейна. Осетровые вновь станут главным промысловым объектом Каспийского моря.

#### АРАЛЬСКОЕ МОРЕ

Гидрологический режим Аральского моря до 1960 года был относительно стабилен. Колебания среднего годового уровня не превышали 1 м. Годовой объем стока колебался около средней величины — 56 км<sup>3</sup>. К этому времени уже были выполнены серьезные исследования гидрологических условий моря, главным образом, гидрометеослужбой и рыбохозяйственными организациями.

Проблема Аральского моря возникла и приобрела особую остроту в 60-х годах в связи со значительным увеличением темпов орошения в бассейнах Амударьи и Сырдарьи и резким сокращением стока этих рек в Арал. Уровень моря начал существенно понижаться, а акватория сокращаться.

Если уровень понизится на 4,5 м, акватория моря сократится до 54 тыс. км<sup>2</sup>, объем воды — до 720 км<sup>3</sup>, средняя глубина — до 13 м, а соленость повысится с 11 до 15‰. К 2000 году при средних гидрологических условиях уровень упадет по сравнению с ожидаемым на 1985 год примерно на 5 м. При этом современная акватория моря сократится на 75%.

Еще недавно Арал давал в благоприятные годы 400—500 тыс. ц улова ценной рыбы. В последние годы уловы уменьшились до 200 тыс. ц.

Предстоящие изменения неблагоприятно скажутся на воспроизводстве полупроходных и соленоводных рыб. В дальнейшем при понижении уровня более чем на 5—6 метров и повышении солености выше 15‰ в Арале могут погибнуть полупроходные и проходные рыбы. В связи с этим перед учеными возникает проблема — создать в Арале новую продуктивную, экологическую систему, приспособленную к более высокой солености. Большую помощь в решении этой проблемы окажут мелиоративные сооружения, рыбозаведение и акклиматизация новых видов.

При использовании вод Амударьи и Сырдарьи для ирригации получается несопоставимо больший эффект, чем при питании Арала водами этих рек и сохранении современных направлений его хозяйственного использования. Однако это только один аспект проблемы. Есть и другие, не поддающиеся пока непосредственной оценке природно-экономические последствия, к которым может привести уничтожение целого моря.

Сама мысль об исчезновении моря с лица земли, в то время когда люди создают искусственные моря, парадоксальна! К тому же не ясно, как изменится природа Приаралья? Не исключено, что в результате снижения уровня моря понизится и уровень

■ *Современное и ожидаемое сокращение акватории Аральского моря: а — уровень 53 м (1960 г.), б — уровень 51 м (1970 г.), в — уровень 43 м (1985 г.), г — уровень 33 м (дальняя перспектива) по Д. В. Коренистову и др., 1972 год*



грунтовых вод — высохнут колодцы, затухнут артезианские скважины и пастбища останутся без воды.

Часть возможных последствий крупномасштабного нарушения природного равновесия пока просто не известна. Природа — очень чуткий и тонкий механизм, и на вмешательство человека она порой реагирует совсем не так, как ожидалось по предварительным прогнозам. Поэтому в настоящее время необходимы самые тщательные комплексные исследования режима Аральского моря для того, чтобы прогнозировать, рационально планировать и вести хозяйственную деятельность в Приаралье.

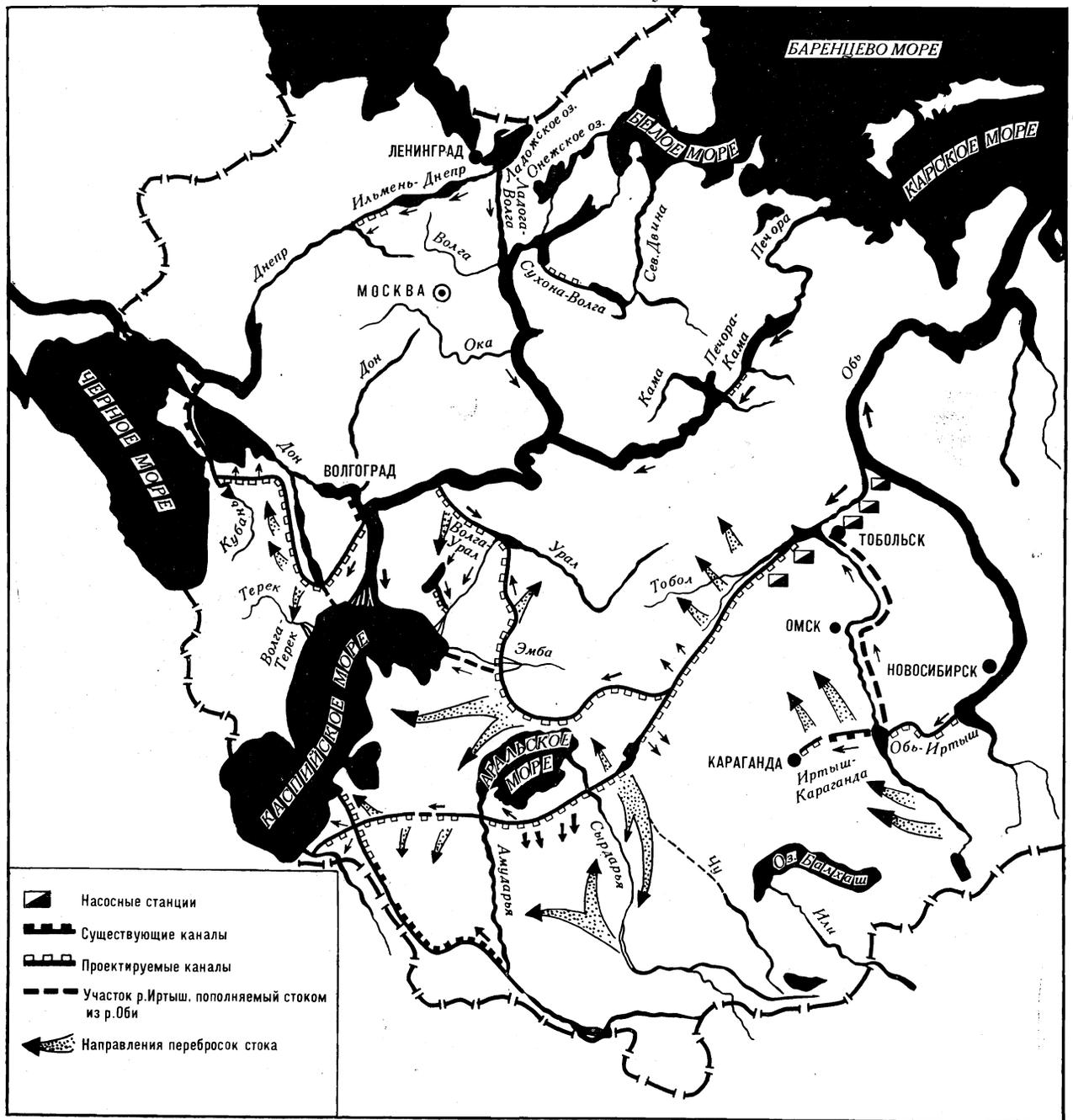
Наиболее кардинальный путь сохранения Аральского моря — это питание его водами, поступающими из других районов. В настоящее время разработан проект переброски части стока рек Сибири в бассейны Сырдарьи и Амударьи. Впервые идея такой переброски была выдвинута инженером Я. Демченко еще в 1871 году в работе «О наводнении Арало-Каспийской низменности для улучшения климата прилежащих стран», но

■  
*Новый город Шевченко. Зелень в пустыне дает каспийская вода, опресненная на атомной электростанции*

■  
*В 30-х годах здесь был город и порт Карабогазгол. После обмеления моря промышленный «сульфатный» центр переместился в город Бекдаш*

Фото автора





■  
 Схема гидросооружений в районе Азовского, Каспийского и Аральского морей

в то время такой проект был фантазией.

Один из наиболее интересных разрабатываемых вариантов предусматривает переброску стока Иртыша и Верхней Оби в бассейны Аральского и Каспийского морей. Для водозабо-

ра намечается район у впадения Тобола в Иртыш. Через сеть каналов вода будет подаваться в русла Амударьи и Сырдарьи, а также в оросительные системы, которые возродят к жизни древние земли. Вероятные трассы каналов на обводняемой тер-



ритории: одна трасса, обойдя с востока Аральское море, двумя ветвями выведет сибирскую воду в глубь массивов Средней Азии, другая подаст воду на земли Западного Казахстана (дополнительно к тому, что даст в этот район Волга).

Весь комплекс работ по этому проекту намечается провести в три — четыре этапа. Первый этап рассчитан на 25 км<sup>3</sup> сибирской воды в год. Во вторую очередь объем переброски стока на юг удваивается либо за счет увеличения забора из Нижнего Иртыша, либо за счет пополнения Среднего Иртыша водами Верхней Оби по специальному каналу, в него вода потечет из водохранилища, сооружаемого на Оби возле Камня-на-Оби или у Бийска. Этот канал одновременно будет служить магистральным трактом для орошения Кулундинской степи и Барабинской низменности. На третьем и четвертом этапах основные надежды возлагаются на Обь. Часть ее стока пойдет к югу по двум направлениям: от района Ханты-Мансийска вверх по Иртышу и от Камня-на-Оби или Бийска по каналу к Иртышу.

Природный облик южных морей нашей страны изменяется очень быстро, и многие происшедшие перемены необратимы. Без тщательного изучения современных гидрологических и биологических условий невозможен долгосрочный прогноз будущего состояния морей.

Планируя грандиозные хозяйственные мероприятия в бассейнах южных морей, необходимо помнить о сохранении их уникальной природы.

## ХОЛОДНАЯ ПЛЕНКА МОРЯ

В современной геофизике прочно утвердилось понимание того факта, что жидкая и газообразная оболочки Земли, тесно взаимодействуя друг с другом, составляют единую систему «море—атмосфера». Во многих работах исследуется и крупно- и мелкомасштабное взаимодействие этих двух сред.

Известно, что в приводном слое атмосферы и поверхностном слое моря движение турбулентно. Однако за два последних десятилетия трудами многих советских и зарубежных ученых как экспериментально, так и теоретически доказано, что в тонких миллиметровых пленках воды и воздуха у самой поверхности раздела движение ламинарно: частицы движутся упорядоченно, образуя тонкие слои, как бы скользящие друг по другу. Тепло- и массообмен в них совершается в процессе молекулярной теплопроводности и диффузии.

Какова же природа ламинарных слоев? С поверхности моря происходит испарение и эффективное излучение, в результате чего поверхность охлаждается и образуется холодная тяжелая пленка, где движение ламинарно и где наблюдается перепад температур до 13° на 1 мм толщины пленки. Исходя из этих представлений, сотрудники кафедры физики моря и вод суши Московского государственного университета Г. Г. Хунджуа и Е. Г. Андреев предложили новую методику определения плотности суммарного теплового потока от моря к атмосфере. Анализ уравнения теплового

баланса в рассматриваемом случае привел к выводу, что это тепло можно охарактеризовать величиной направленного вверх молекулярного теплового потока в тонком поверхностном ламинарном слое моря. Такой поток пропорционален вертикальному градиенту температур слоя. Поэтому задача сводилась к экспериментальному определению температурного градиента.

Была разработана и создана новая электронная аппаратура для регистрации вертикального профиля температуры воды. Летом и осенью 1971 и 1972 годов на Черном море в 30 милях от берега проводились наблюдения с борта научно-исследовательского судна «Московский университет». Термозонд с электронной аппаратурой размещался на легком буре в 70—100 м от дрейфующего судна.

Оказалось, что ламинарный поверхностный слой в море стабилен во времени и существует в любое время суток; температура в нем изменяется по экспоненциальному закону. Днем температура на глубине 5 см на 1° выше ночной температуры. Расчет суммарного теплового потока показал, что средняя плотность потока за 48 часов равна 200 вт/м<sup>2</sup>. Максимальное и минимальное значения зарегистрированных потоков 350 вт/м<sup>2</sup> и 60 вт/м<sup>2</sup>. Полученные оценки средних значений потоков тепла хорошо согласуются с результатами аналогичных измерений в прибрежной зоне Черного моря (район Кадивели, близ Симеиза).

«Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана», 10, 10, 1974.



**А. И. ДАБИЖА**  
Член-корреспондент АН СССР  
**В. В. ФЕДЫНСКИЙ**

## **«Звездные раны» Земли и их диагностика геофизическими методами**

**СКОЛЬКО МЕТЕОРИТНЫХ  
КРАТЕРОВ НА ЗЕМЛЕ?**

Одно из самых поразительных открытий, сделанных в первые годы космической эры, состоит в том, что наша голубая планета Земля внешне совершенно непохожа на своих ближайших соседей по Солнечной системе — Луну, Марс, Меркурий и Венеру. Со времен Галилея известно, что поверхность Луны покрыта огромным количеством кольцеобразных гор — кратеров. На Земле же кольцевые формы встречаются редко — лишь в узких поясах современной вулканической активности или же это карстовые воронки оседания, эрозионные впадины и другие похожие тектонические формы.

Среди кольцевых образований на земной поверхности есть и кратеры метеоритного происхождения, возникшие при ударе о Землю крупных метеоритов — космических железных и каменных глыб. Множество таких глыб — астероидов — обращается вокруг Солнца в поясе между Марсом и Юпитером; некоторые из них попадают в область земной орбиты и могут столкнуться с нашей планетой. При столкновении с Землей метеорита, летящего со скоростью от 4 до 70 км в секунду, внезапно выделяется огромное количество кинетической энергии, которая расходуется на торможение, испарение, плавление и дробление метеорита и земных горных пород, а также на образование кратерной воронки на земной поверхности. Возникающий таким путем метеоритный кратер сохраняет следы мощного ударного и температурного воздействия взрыва, происходящего

**Комитет по метеоритам АН СССР провел свою XVI конференцию. Она проходила в Москве с 6 по 9 января 1975 года. Публикуемая ниже статья — изложение основных идей одного из докладов.**

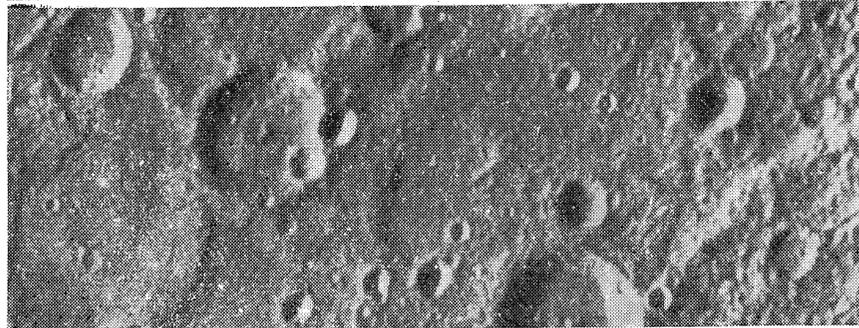
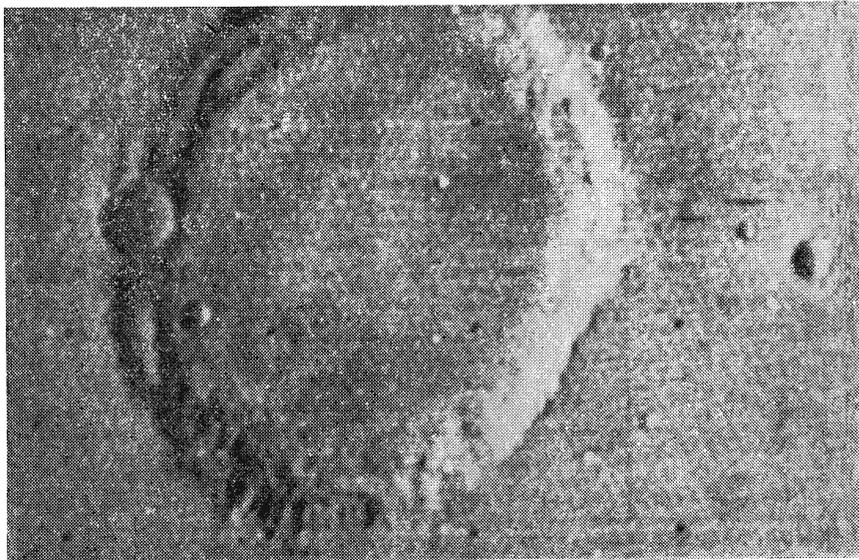
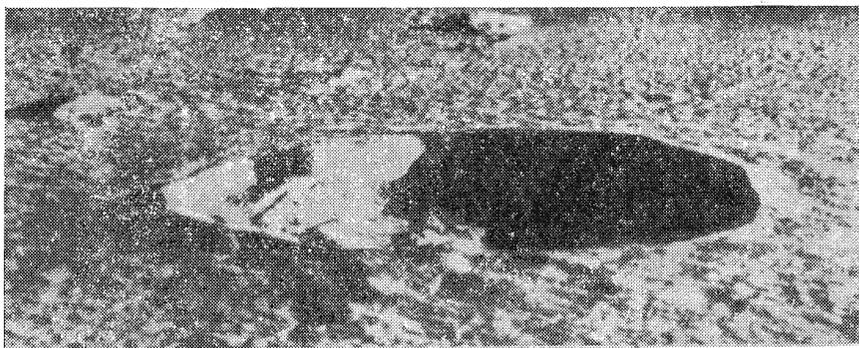
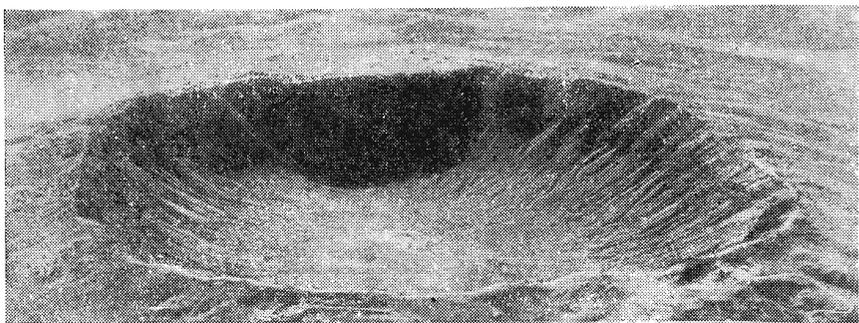
в момент столкновения космического тела с Землей, когда давление может достигать 5 мегабар, а температура 3—4 тыс. градусов. К настоящему времени на поверхности нашей планеты найдено около 60 метеоритных кратеров. Их образно называют астероидными, что означает «звездная рана».

Почему же сравнительно мало на Земле кратеров вообще и метеоритных в частности? Ответ на этот вопрос был дан К. П. Станюковичем и одним из авторов настоящей статьи еще 28 лет назад при анализе обстоятельств падения Сихотэ-Алинского железного метеорита 12 февраля 1947 года.

Земля защищена от космической бомбардировки воздушной броней своей атмосферы, а Луна — нет; на Земле с ее подвижными, всегда изменяющимися водной и воздушной сферами бурно идут процессы геологического выветривания, а на Луне, где нет ни воды, ни воздуха, все формы сохраняются «навечно». Поэтому «звездные раны» Земли немногочисленны и сравнительно быстро «залечиваются», оставляя на ее поверхности лишь слабозаметные шрамы. На Луне взрывные метеоритные кратеры возникают в огромных количествах и сохраняются в течение многих мил-

лионов лет без существенных изменений. Вот почему Луна, в отличие от Земли, вся изрыта кратерами. Правда, ученые еще спорят о том, какая доля кратеров имеет вулканическое происхождение, а какая относится к астероидам, но ни у кого нет сомнения в том, что эта последняя доля достаточно велика. Так как еще в 40-х годах было хорошо известно, что Меркурий и Марс не имеют сколько-нибудь «серьезной» атмосферы и гидросферы, следовало предположить, что их поверхность, не защищенная от космической бомбардировки и не подверженная интенсивному выветриванию, должна быть покрыта многочисленными взрывными кратерами метеоритного происхождения. Это предположение полностью оправдалось. Изображения Марса и Меркурия, недавно переданные советскими и американскими космическими станциями «Марс» и «Маринер», настолько похожи на давно известные нам лунные пейзажи, что легко ошибиться, определяя, к какому объекту они относятся.

Интересно, что и сквозь чрезвычайно плотную и мощную атмосферу Венеры все же проникают наиболее крупные метеориты, об этом говорят обнаруженные американскими исследователями кратеры на поверхности планеты. На Земле метеоритные кратеры вовсе не исключительное явление. Расчеты показывают, что, например, на территории Советского Союза (22 млн. км<sup>2</sup>) за геологическое время, прошедшее с докембрия до наших дней, то есть за 2—3 млрд. лет, должно было образоваться несколько крупных метеоритных кратеров диаметром более 20 км и много более



мелких, причем количество таких кратеров возрастает обратно пропорционально их размерам.

Действительно, в настоящее время доказано или подозревается метеоритное происхождение более чем 20 структур на территории СССР, в том числе таких гигантских образований, как Попигайская впадина, имеющая около 100 км в диаметре, или Тенизская кольцевая структура поперечником около 700 км. Как уже было сказано, Земля тем и отличается от Луны, Марса и Меркурия, что количество звездных ран на ее поверхности и продолжительность их жизни значительно меньше, чем у наших космических соседей. Тем более важно обнаружить и изучить природу кольцевых образований на поверхности Земли и выделить среди них астрономические проблемы метеоритного происхождения.

#### КАК ГЕОФИЗИКИ ОБНАРУЖИВАЮТ КРАТЕРЫ?

Существенную помощь в диагностике «залеченных», иногда полуисчезнувших «звездных ран» Земли в настоящее время могут оказать геофизические методы исследования — гравиметрические, сейсмические, электро- и магнитометрические.

В результате метеоритного удара не только возникает углубление в земной коре — кратер, но и подвергается растрескиванию и дроблению значительный объем пород (схемати-

■ ■ ■ ■  
*Удивительно сходны метеоритные структуры на Земле, Луне, Марсе и Меркурии*



чески его можно описать, как полусферу). Зона воздействия метеоритного удара по объему во много раз больше воронки кратера. В этой зоне физические свойства горных пород претерпевают существенные изменения — возникают аномалии геофизических полей, которые можно измерить современными точными геофизическими приборами. Трещиноватые породы, подвергшиеся воздействию метеоритного удара, менее плотны, чем окружающая их ненарушенная среда. Это подтверждается отрицательными гравитационными аномалиями над метеоритными кратерами. Уменьшающаяся скорость распространения сейсмических колебаний в раздробленных породах может быть зафиксирована сейсмическим методом. Проникновение минерализованных подземных вод в трещины понижает электрическое сопротивление пород, что может быть уверенно обнаружено электроразведкой. Наконец, ударное воздействие метеорита размагничивает горные породы, если они ранее были намагничены — над астроблемой можно ожидать ослабления интенсивности магнитных аномалий.

Итак, «звездные раны» Земли, даже замаскированные многолетними процессами выветривания, могут распознать геофизики. Это особенно важно для диагностики метеоритных структур, лишенных морфологических признаков и погребенных под толщами осадков. Действительно, **гравиметрическими наблюдениями** установлено, что для больших структур метеоритного происхождения характерна интенсивная отрицательная аномалия силы тяжести, достигающая до 20—25 мгал. Это — результат уменьшения

плотности пород (дробления и брекчирования) под воздействием взрыва. Такой вывод подтверждают и материалы бурения во многих кратерах. Например, в кратере Уэст-Хок в Канаде для брекчированных пород установлена плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>, а для тех же пород, но не подвергшихся разрушению, — 3,03 г/см<sup>3</sup>. Для кратера Холлефорд разность плотностей между раздробленным материалом и окружающей породой равна 0,16 г/см<sup>3</sup>.

Мощность линзы брекчий находит свое отражение в амплитуде **гравитационных аномалий**. Между интенсивностью (амплитудой) гравитационной аномалии и размерами структуры существует хорошо выраженная зависимость. Кратерные структуры менее 1 км создают весьма слабые гравитационные аномалии. Чем больше размеры кратера, тем значительнее аномалия силы тяжести. Однако начиная с размеров около 50 км гравитационная аномалия становится приблизительно постоянной, асимптотически приближаясь к величине 25—30 миллигал (сокр. мгал; 1 мгал = 10<sup>-3</sup> см/сек<sup>2</sup>). Сила тяжести на поверхности Земли приблизительно равна 1 млн. мгал). Разбросы значений амплитуды гравитационных аномалий увеличиваются с ростом размеров структуры: усложняется строение крупных метеоритных структур, происходит наложение их на первичный разнородный (гетерогенный) аномальный фон, обусловленный геологическим строением района падения метеорита.

Размеры центральной отрицатель-

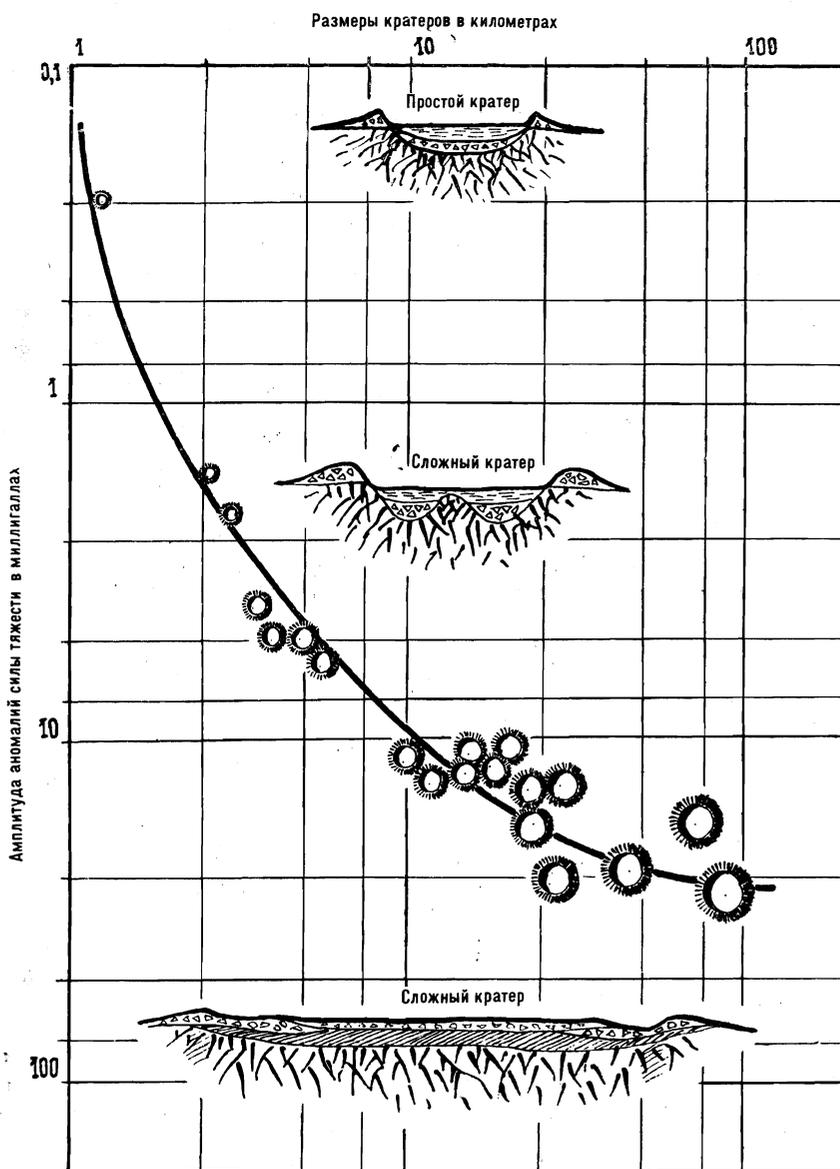
ной аномалии, как правило, превышают размеры кратера, это свидетельствует об изменении пород под действием взрыва не только в кратере, но и далеко за его пределами (Янис-Ярви — СССР; Брент, Уэст-Хок, Западный и Восточный Клируотер, Дип Бэй — Канада, и др.). Интерпретация гравитационных аномалий над астроблемами показывает, что глубина зоны интенсивного дробления ограничивается тремя-четырьмя километрами, а это весьма характерно для «бескорневых» метеоритных структур. В частности, на относительно небольшую глубину залегания аномальных масс в астроблемах указывает быстрое затухание аномалий силы тяжести с высотой. Именно этим метеоритные структуры резко отличаются от вулканических кратеров, которые имеют глубокие корни, уходящие на многие километры в земные недра.

По краям метеоритных кратеров наблюдается кольцо локальных знакопеременных аномалий. У одних структур это видно в наблюдаемом поле (Рис — ФРГ; Гагаринская, Тенизская — СССР), у других — четко проявляется в трансформированных, то есть особым образом отфильтрованных аномальных полях. Кольцевые аномалии, например, хорошо видны в поле остаточных аномалий силы тяжести канадского кратера Уанапитей. С увеличением размеров структуры картина поля усложняется. В центральной части появляется положительная аномалия, которая, по-видимому, может быть связана с последующим изостатическим поднятием глубинных масс в центральной области кратера. Для крупных кратеров размером свыше 50 км ярко выраженной отрицатель-

Схема зон действия ударной волны при взрыве метеорита

ной аномалии не наблюдается, так как здесь выступает гетерогенность мишени, и аномалии в большей мере отражают гравитационный эффект тектоники блоков того района, куда упал метеорит.

Важную информацию об источнике аномалии силы тяжести дает недостаток масс, обусловленный выбросом части земных пород из большого объема кратера при ударе метеорита и заполнением его основания раздробленными и потому разуплотненными породами. Для метеоритных структур аномальная масса распределена вблизи поверхности в виде линзы брекчий, для структур иного происхождения (криптовулканические, диапировые и т. п.) распределение будет более глубинным. Для канадского кратера Брент размером 3,6 км, Калужской структуры (СССР) размером 16 км и кратера Рис (ФРГ) размером 20—24 км «недостаток» массы оценивается, соответственно, в  $0,92 \cdot 10^9$ ,  $43,6 \cdot 10^9$  и  $74,0 \cdot 10^9$  т. Однако при большем увеличении размеров кратерных структур недостаток массы уже не увеличивается — кратеры больших размеров быстро релаксируют, так как в результате снятия нагрузки (выброса и дробления материала) в зону пониженного давления поступает глубинное вещество повышенной плотности, которое с течением времени частично компенсирует массу выброшенного материала. Величины отношения глубины центров тяжести структур к их размерам для названных кратеров, соответственно, равны 0,25, 0,14 и 0,10, уменьшаясь при увеличении размеров структур. Это обстоятельство указывает на относительную близость дефекта масс к дневной



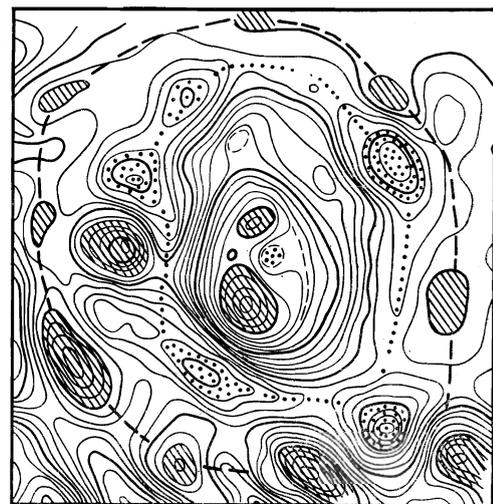
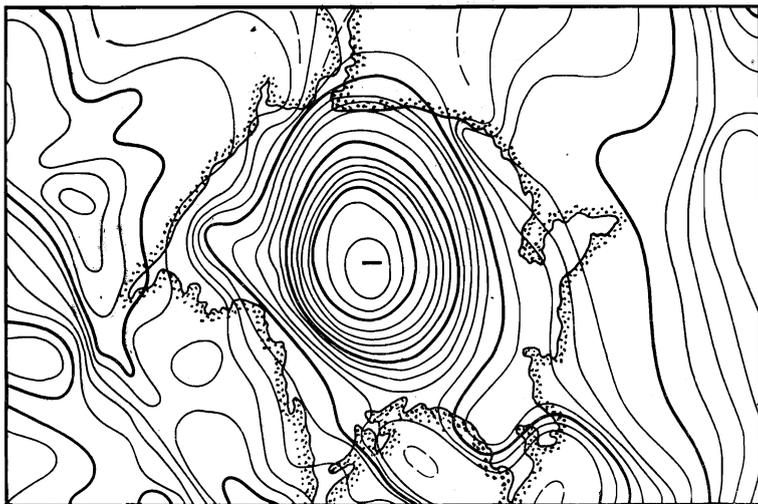
поверхности и их все меньшую относительную мощность с увеличением размеров.

Интересно отметить, что количество энергии, израсходованной на дробле-

*Зависимость амплитуды аномалий силы тяжести от размеров метеоритной структуры. По мере увеличения диаметра кратера кривая силы тяжести стремится к асимптоте, а строение кратера усложняется*

Рисунки В. Ловчука

ние материала земной коры, в пределах единицы площади остается практически постоянным для кратеров различных размеров. Об этом свидетельствует постоянство отношения недостатка массы в линзе раздробленных пород к площади структуры, независимо от ее размеров. Понижение плотности в пределах зоны брекчированных и раздробленных пород в среднем от  $-0,04$  до  $-0,06$  г/см<sup>3</sup> характерно почти для всех метеоритных кратеров. Приведенные



выше величины дают оценку средней трещиноватой пористости пород (порядка 1—2%), подвергшихся дроблению во время метеоритного удара.

Под воздействием космического удара изменяется и магнитное поле в районе падения метеорита. Там, где на дневную поверхность выходят изверженные и кристаллические породы, аномалии земного магнитного поля определяются в основном остаточным намагничиванием горных пород. Ударное воздействие размгничивает породы мишени, уменьшает их остаточное намагничивание. Это приводит к общему падению интенсивности магнитного поля в районе удара. В то же время нарушается закономерное, ранее установившееся расположение доменов (области намагничивания одного знака) в земной коре и происходит смешивание разнородно на-

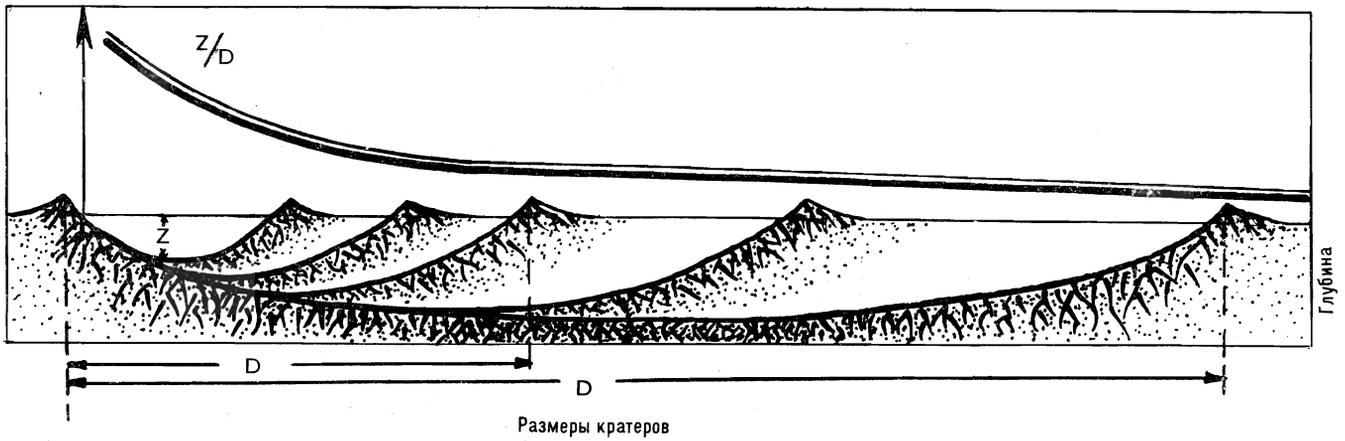
магниченных фрагментов в зоне brecciated пород. Магнитное поле в районе удара распадается на мозаику отдельных аномалий, имеющих совершенно случайное распределение на площади падения.

Итак, еще одна характерная особенность астроблем — понижение в их пределах общего фона магнитного поля и его пестрота. Например, в каньонском кратере Брент интенсивность поля на 160 гамм ниже, чем в его окрестностях. Аналогичная картина наблюдается в Мишиногорском кратере диаметром 3-4 км. В больших кольцевых структурах наблюдаются пониженные и пестрые магнитные поля с резко выраженными аномалиями в центральной части кратера. Центральные магнитные аномалии, видимо, обусловлены массой породы, переплавленной во время взрыва и намагниченной в процессе ее застывания земным магнитным полем. Если кратеры небольшие, объем переплавленных пород относительно невелик и эта порода не дает заметных центральных аномалий. Для крупных кратеров интенсивность наблюдаемых центральных аномалий зависит от объема расплавленной породы, а направление остаточной ее намагниченности отражает направление вектора магнитного поля Земли в месте и в момент падения метеорита. В принципе это создает возможность определять возраст кратера по палеомагнитной

шкале, создаваемой в настоящее время. Для очень крупных кратеров (более 50 км) магнитное поле так же, как и гравитационное, еще больше усложняется. В этом случае преобладает влияние тектонических блоков мишени, сказывается гетерогенность, например, в районе Пучеж-Катунского кратера.

Полезную информацию дает сопоставление гравитационного и магнитного полей астроблем, как это можно видеть на примере кратера Янис-Ярви. Гравитационные аномалии здесь имеют хорошо выраженные меридиональное и широтное направления, связанные с блоковым строением региона, куда упал метеорит. В магнитном поле отчетливо выделяется кольцевая форма структуры. При трансформациях гравитационного поля внутри кольца магнитных аномалий выделяется кольцо локальных аномалий силы тяжести. По магнитному и гравитационному полям можно построить сетку разломов и трещин, образующих радиально-кольцевую систему, далеко выходящую за пределы кратера. Аналогичная картина была получена для кратера Дип Бэй в Канаде, где размеры зоны трещиноватости приблизительно вдвое превосходят размеры озера. Если для Дип Бэй эти размеры соответственно составляют 10 и 20 км, то для Янис-Ярви они равны 14 и 28 км. Таким образом, становится возможной ре-

Карты аномалий силы тяжести над кратером Уанапитей. Слева — геофизическое поле, построенное по результатам наблюдений, справа — «трансформированное» поле, в котором выделены кольца остаточных положительных и отрицательных аномалий. По ним уже можно судить о размерах всей зоны ударного воздействия метеорита. Эта зона, околонтурная на правом рисунке двумя линиями — точечной и штриховой, существенно больше размеров кратера — озера, четко различима на левой карте

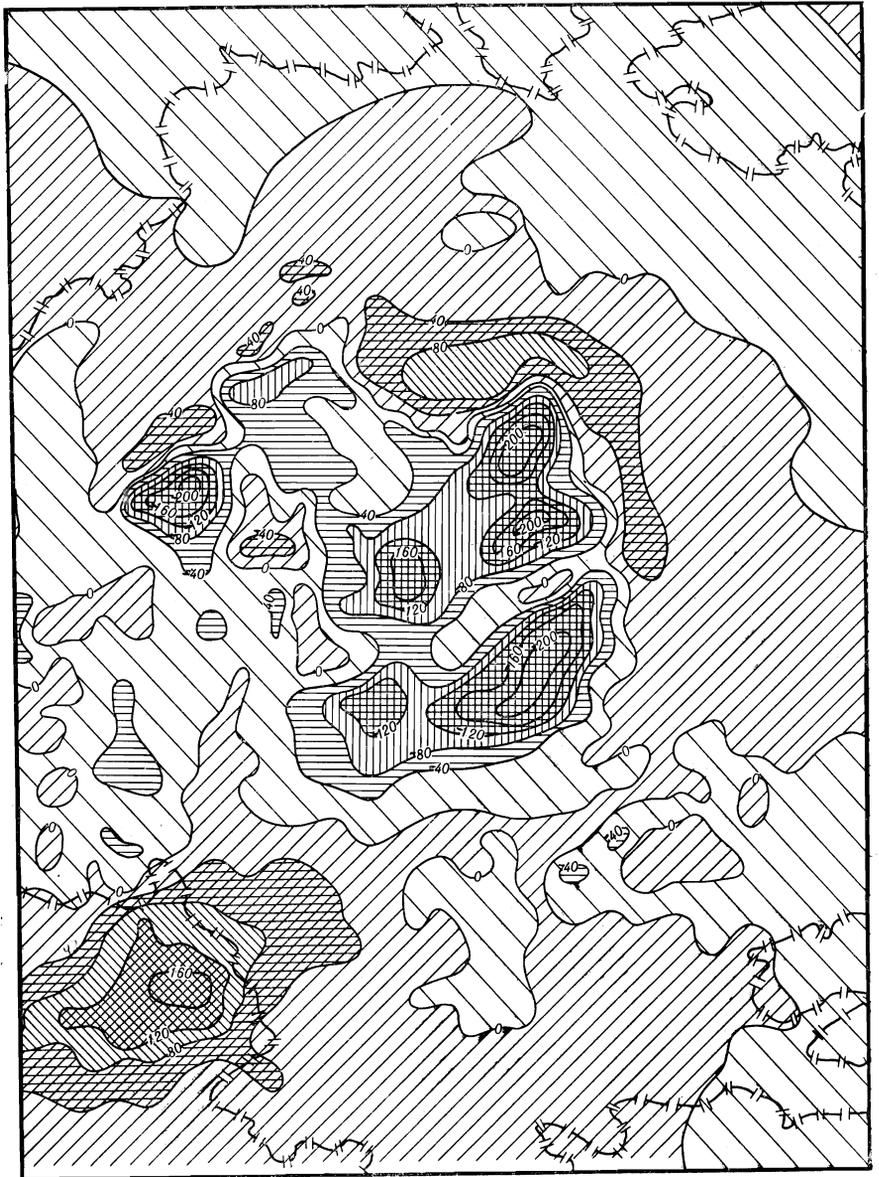


конструкция кратера в области воздействия ударной волны.

Предпосылкой для использования сейсмических методов служит изменение упругих свойств пород под воздействием ударной волны. В результате удара и взрыва в породах образуются трещины, которые нарушают их монолитность, ухудшают контакты между частицами и снижают скорость прохождения сейсмических волн даже в том случае, когда изменение плотности незаметно. Плотность горных пород и упругость тесно связаны между собой, но упругость изменя-

Кривая на рисунке отображает отношение глубины центров тяжести метеоритных структур к их диаметрам. Увеличение размеров кратера ( $D$ ) совсем не обязательно приводит к такому же возрастанию глубин ( $Z$ ). Если, например, размеры кратера увеличатся в 10 раз, то глубина до центра тяжести увеличится всего в 2—3 раза. Такое «выполаживание» характерно для метеоритных структур всех планет

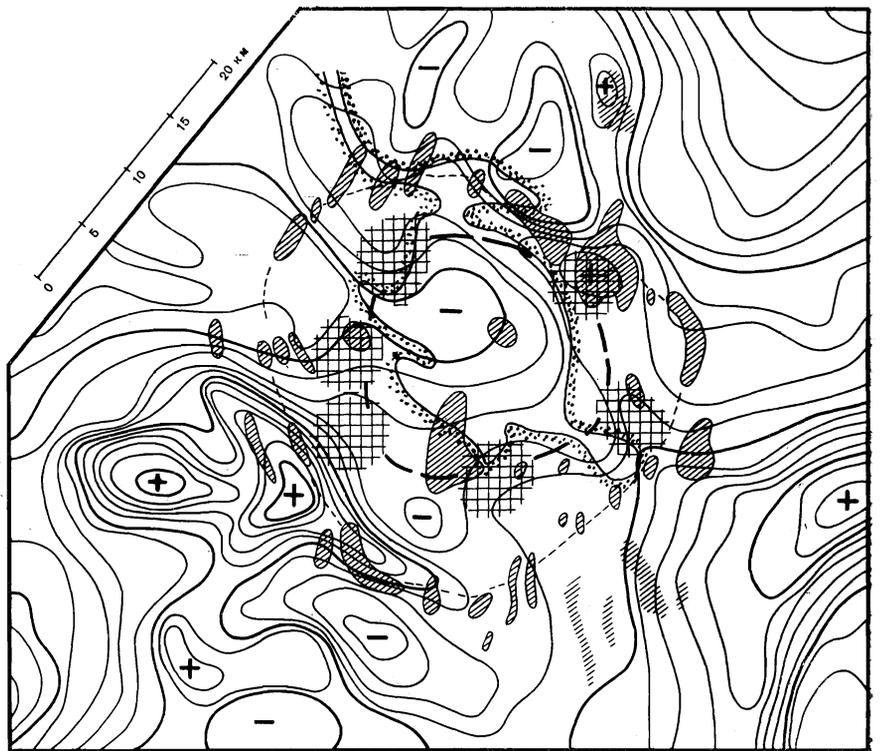
Магнитное поле кратера Рис. Видны резкие отрицательные локальные магнитные аномалии (густая штриховка перпендикулярными линиями) на пониженном фоне от всего кратера. В его окрестности — мозаика противоположно намагниченных блоков



ется в относительно более широком диапазоне, чем плотность. Сейсмические исследования кратеров убедительно доказывают, что в них есть линзы пород с низкой скоростью. Этот слой можно отождествить с зоной раздробленных и нарушенных пород, характерной для кратеров, образованных метеоритным ударом и взрывом. Действительно, в основании кратерных структур всегда фиксируется зона пониженных скоростей сейсмических волн.

Изменение упругих свойств пород, покрывающих и слагающих метеоритную структуру, хорошо видно на примерах кратеров Брент, Холлефорд, Дип Бэй (Канада), Госсес Блаф (Австралия), Рис (ФРГ), Каали (СССР). Так, в кратере Рис скорость уменьшается к центру кратера не только в породах, заполняющих кратер (от 2,7 до 1,7 км/сек), но и в подстилающих (от 5,0 до 3,5 км/сек). Здесь отмечается сложная волновая картина, особенно на границах кратера. В кратере Дип Бэй раздробленная линзовидная брекчия под дном кратера и в его окрестностях имеет скорость 4,6 км/сек, неподверженные разрушению коренные породы имеют скорость 6,1 км/сек. В кратере Брент зафиксировано снижение скорости в линзе брекчий на 30% и т. д.

Сейсмические исследования проводились недавно в районе главного кратера Каали на острове Саарема в Балтийском море (Эст. ССР). Метеоритные кратеры Каали — это небольшие, молодые, нетронутые эрозией кратеры. Они служат своеобразным миниатюрным полигоном для отработки методики геофизических исследований метеоритных кратеров.



Сейсмические исследования Каали позволили установить снижение скорости в линзе раздробленных пород. Это свойство является главной сейсмической характеристикой метеоритных структур. Кроме того, сейсмическими методами можно выделять границы между коренными породами кратера и заполняющими его осадочными толщами, изучать их скоростные параметры и устанавливать истинные размеры зоны нарушенных пород, окружающих кратер.

Полезную информацию при изучении метеоритных кратеров дает также **электроразведка**. Для брекчированных пород, заполняющих и слагающих кратер, характерна высокая электропроводность, вызванная насыщенностью их водными растворами. Высокочастотная электроразведка в кратере Кетленд (США) выявила истинные размеры зоны нарушенных пород. По данным о затухании вторичных наведенных электромагнитных полей в районе кратера Уанапитей

(Канада) в его западной и восточной частях обнаруживается кратерный вал в форме погребенного полукольцевого хребта.

Интересные результаты электроразведки получены на главном кратере Каали. Они показали изменение сопротивления с глубиной. Для илов на дне кратерного озера замерено со-

■  
*Аномалии силы тяжести над кратером Янис-Ярви (знаки плюс и минус). Они имеют меридиональное и широтное простирание, что отражает блоковое строение района, куда упал метеорит. По расположению магнитных аномалий (заштрихованные замкнутые области) можно легко установить кольцевую форму метеоритной структуры. Такой совместный анализ гравиметрических и магнитных данных помогает установить зону влияния метеоритного взрыва (тонкий штриховой контур). Она превосходит размеры кратера в 2 раза (кратер оконтурен прерывистой жирной линией)*





которые выделены геофизиком О. Б. Гинтовым на картах гравитационного и магнитного полей. Он отождествляет эти структуры с крупными кратерами и кольцевыми «морями» на Луне: Морем Кризисов, Морем Нектара, Морем Влажности и т. д. Некоторые ученые полагают, что метеоритную природу имеют Гудзонов залив (диаметр 442 км), Земля Уилкса (240 км), Маникуаган (80 км), Бушвельдская структура в Южной Африке (180 км). Геолог Б. С. Зейлик выделяет на территории Казахстана кольцевые структуры в несколько сот километров, происхождение которых он связывает с метеоритными ударами и т. д. Выделение импактной (ударной) природы ряда таких структур, без сомнения, повлечет за собой пересмотр взглядов на историю развития отдельных регионов и их частей, на последовательность и причины возникновения магматизма и метаморфизма в их пределах.

Сравнение подобных структур на Земле, Луне, Марсе, Меркурии и Венере и их сходство поставят перед учеными вопрос: «А не прошла ли Земля ту же стадию развития, что и другие планеты? Не подвергалась ли она более интенсивной бомбардировке космическими телами в прежние времена?» И если это действительно так, то многие проблемы тектоники придется рассматривать по-новому. Одно из первых мест в изучении роли космических факторов в геотектонических процессах, несомненно, по праву займут геофизические методы исследования.

### МАЛЫЕ ГАЗОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ АТМОСФЕРЫ

Для охраны окружающей среды от загрязнений и для исследования сложных динамических, радиационных и фотохимических процессов в верхних слоях атмосферы необходима разработка косвенных методов контроля за ее составом на высотах. В частности, чтобы понять динамические закономерности переноса примесей в атмосфере, важно выявить источники и стоки различных газовых компонентов. Сейчас, например, еще неясны источники и стоки такой высокотоксичной примеси, как окись углерода. Для определения содержания малых газовых компонентов атмосферы весьма ценными могут оказаться косвенные спутниковые методы.

Сотрудники Ленинградского государственного университета В. В. Розанов и Ю. М. Тимофеев рассмотрели возможности измерения прозрачности атмосферы по наклонным трассам. Этот метод относительно прост, но обладает высокой чувствительностью. Излучение от внешнего источника, например от Солнца, проходит по наклонной трассе через атмосферу и регистрируется специальным прибором на искусственном спутнике Земли. В непрерывном спектре Солнца появляются линии поглощения тех газов, которые содержатся в атмосфере в ничтожных количествах. Измеряя прозрачность в этих полосах, авторы оценивают концентрацию малых примесей (число частиц газа на миллион частиц воздуха).

Этот метод можно использовать для измерения прозрачности атмосферы в широком диапазоне спектра — от ультрафиолетовой области до радиоволн. Авторы анализируют возможность данного метода в инфракрасной области, где расположены многочисленные полосы поглощения малых газовых примесей, а также высоты, где обнаружены примеси. Таким образом, новый

косвенный метод помогает зафиксировать метан, аммиак, сероводород и другие малые примеси — индикаторы загрязнения воздуха.

«Метеорология и гидрология», 11, 1974.

### ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В КАРИБСКОМ МОРЕ

Землетрясение у Подветренных островов (Карибское море), происшедшее 8 октября 1974 года, причинило большой ущерб на островах Антигуа и Монтсеррат. Значительные разрушения испытали многие каменные здания как новой, так и старой постройки. Во всех населенных пунктах повреждены телефонная связь, электрическая сеть и водоснабжение. Многие шоссе и дороги пострадали из-за оползней. На острове Антигуа вышли из строя портовые сооружения и нефтеперерабатывающий завод.

Интенсивность толчка по шкале Меркалли была 8 баллов. Сотрудники сейсмического отдела при Вест-Индском университете на острове Тринидад (руководитель — доктор Дж. Томблин) отмечают, что за последние месяцы наблюдается явное усиление сейсмической активности в районе Антильского архипелага. С апреля по октябрь 1974 года только вблизи острова Доминика произошло около 650 сейсмovolканических явлений различного масштаба. Вот некоторые сведения о наиболее сильных из них. 6 сентября начал извергаться подводный вулкан Кик-эм-Дженни (южная часть островов Гренадины). На следующий день произошел подземный толчок в пункте с координатами 15,2 с. ш., 60,2 з. д. Очаг определен на глубине 25 км. Интенсивность землетрясения по шкале Меркалли достигала 7; в северо-восточной части острова Мартиника наблюдались разрушения. «Smithsonian Institution Event Notification Card», 1952, 1974.



Доктор физико-математических наук  
Б. Ю. ЛЕВИН  
Кандидат физико-математических наук  
А. Н. СИМОНЕНКО

## История одного метеорита

До сих пор этот метеорит привлекает внимание химиков, петрографов, минералогов и других ученых. Ему посвящено более сотни статей в научных журналах с описанием свойств и особенностей небесного гостя. Ничего не было известно лишь о том, как двигался метеорит в межпланетном пространстве до встречи с Землей. Обстоятельства падения метеорита на Землю рассказаны профессором Канзасского университета Ф. Сноу. Его маленькая заметка, составленная по свежим впечатлениям, появилась в американском журнале «Science» уже через три недели после падения. В ней не было, конечно, ни полного изложения наблюдательных данных, ни вытекающих из них результатов.

Между тем только анализируя рассказы очевидцев, можно получить сведения об орбите метеорита и дополнить наши представления о его истории. Авторы настоящей статьи вместе с известным американским исследователем метеоритов профессором Чикагского университета Э. Андерсом предприняли специальное изучение условий падения метеорита. Несмотря на то, что это событие относится к прошлому веку, удалось из библиотек США получить копии более 60 сообщений о метеорите, опубликованных в газетах 34 городов штата Канзас и двух городов штата Небраска в первые дни после падения. Разрозненные, иногда очень короткие заметки, напечатанные порой в га-

**Вечером 25 июня 1890 года в редакцию газеты небольшого городка Вашингтон на севере штата Канзас, запыхавшись, вбежал некий мистер В. Скрайби. В руке он сжимал небольшой, почти черный камень — кусочек одного из самых удивительных метеоритов, когда-либо падавших на Землю.**

A few days ago a meteor fell four miles northwest of Washington, Ks., and it is said to be the largest that has ever fallen in that section. The falling of the meteor was accompanied by a noise resembling thunder and lasted several minutes.

Charles Lagrange, of Hutchinson, was arrested a week ago on the charge of bigamy and has since plead guilty and been sentenced to three years in the penitentiary. He married a girl in Sedgwick, June 8 and one in Hutchinson June 13.

Last week two sea lions died on board the Santa Fe cars immediately after passing into Missonri near Kansas City. They had been shipped from California and were billed to New York. The weather got too sultry for them after leaving Kansas.

The Dispatch says there was to have been a beer drinking contest at Kincaid on the Fourth, but as there were too many entries and not enough beer the contest was postponed 'till next 4th, when a car-load will be shipped in.

Newton Republican: Many of our farmers are bringing in their silk cocoons for shipment. Although the silk season has just begun enough is known to enable us to say that the crop this year will be 25 per cent. larger than last year and the quality finer than ever.

зетной смеси новостей, позволили составить полное представление о тех грандиозных явлениях, которые сопровождали падение метеорита.

### БОЛИД НАД КАНЗАСОМ

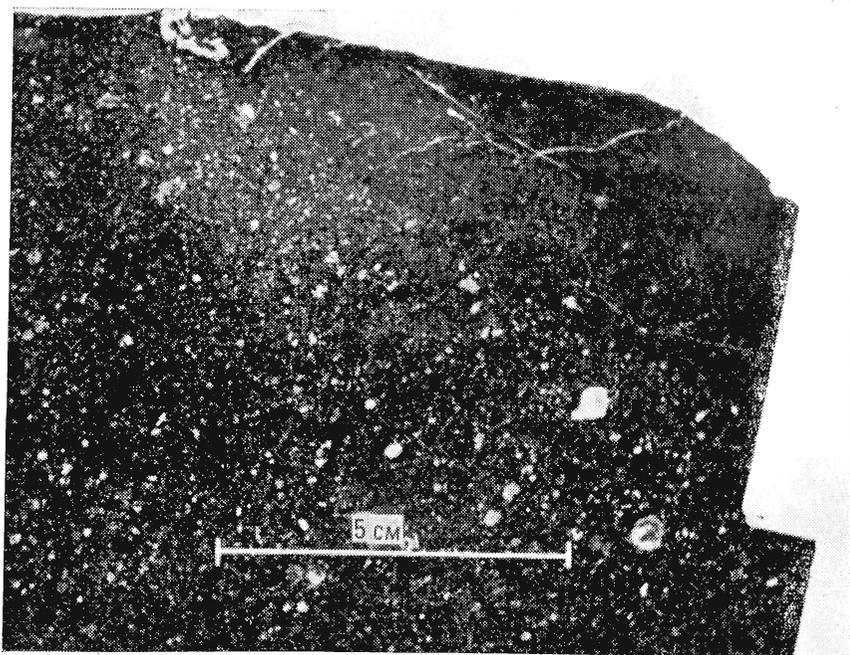
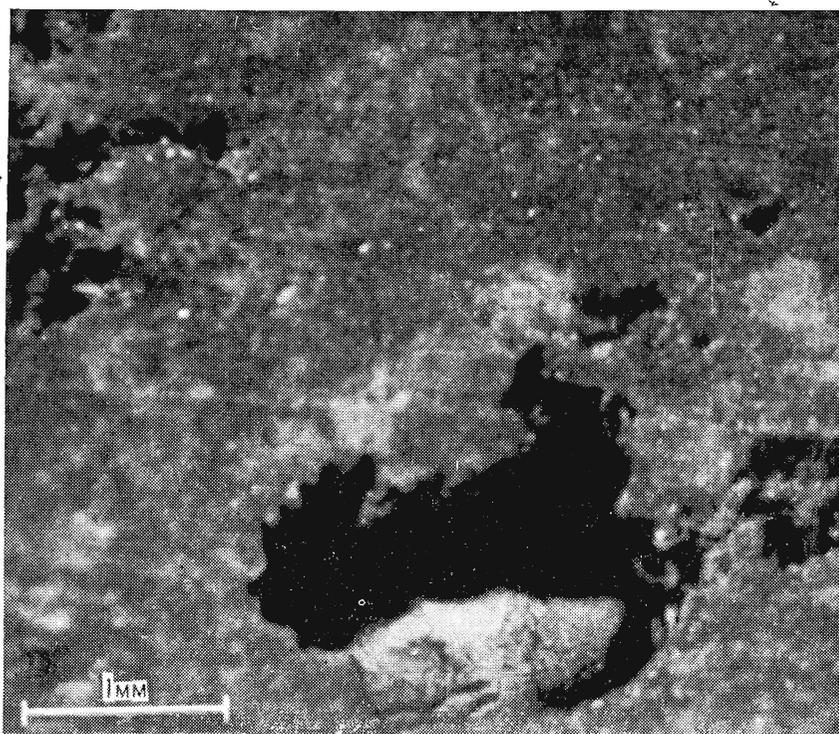
Он появился в 12 часов 50 минут по Центральному стандартному времени (время, принятое в штате Канзас). Синее небо было удивительно безоблачным. Слепящее солнце стояло почти в зените (на расстоянии всего 17° от него), и тем не менее болид, порожденный падающим метеоритом, видели тысячи жителей штата Канзас и Небраска. Болид заметили на огромной территории площадью около 300 × 300 км: от Атчисона на востоке до Даунса на западе и от Холстеда на юге до Биатрисы на севере. Жители Лукаса рассказывали об «огромном огненном шаре с длинным шлейфом и отлетающими от него сверкающими фрагментами, похожими на комету». В Левенуэрте наблюдали болид «удлиненной формы, ослепительно сверкающий в сиянии полуденного солнца». Профессор Т. Фитцпатрик из Салайна, прогуливаясь после обеда, увидел «болид удивительных размеров... Из круглого шара непрерывной субстанции, попеременно в фут, вещество стекало в хвост, который представлял собой трепещущее пламя длиной около ярда... Это было удивительное зрелище. Свет метеорита соперничал со светом солнца. Он двигался по небу со скоростью ракеты...» «У него был хвост, как у кометы, и он вилял им, словно воздушный змей», — говорил очевидец из Сидар-Джанктауна.

Копия газетной колонки из «Colony Free Press» от 10 июля 1890 года с упоминанием о падении метеорита Фармингтон

Полет болида сопровождался мощными звуковыми эффектами. Их сравнивали с громовыми раскатами, гулом, грохотом канонады или тяжело-груженого поезда, идущего через мост. В окрестностях места падения — в районе Вашингтона (штат Канзас) — дрожала земля, сотрясались дома, дребезжали стекла в окнах и тарелки на столах, накрытых к обеду. Перепуганные жители выбегали на улицу. Звуки казались особенно страшными потому, что доносились с ясного неба. «Люди, склонные к мыслям о сверхъестественном, — писала газета, издававшаяся в Рандольфе, — решили, что наступил конец света. Они в страхе бросались ниц на землю и возносили молитвы. Столько их не было произнесено за все предыдущие годы. Другие думали, что надвигается ужасный ураган, третьи, что это землетрясение. Кто-то предположил, что взорвался локомотив. У каждого было свое собственное объяснение странного явления, но никому и в голову не пришла мысль о метеоре».

Люди, находившиеся поблизости от места падения метеорита, видели болид рядом с солнцем, и потому он казался темным, чудовищным облаком дыма, от которого во все стороны непрерывно отлетали темные куски. Потом раздался взрыв. Вспышка — и болид исчез. Но, прикрыв глаза рукой от слепящих солнечных лучей, можно было видеть, как над Вашингтоном, двигаясь на северо-северо-восток, пролетела «огненная феерическая масса, за которой тянулся двойной след голубоватого дыма».

Выпало два куска метеорита примерно в 6—7 км от Вашингтона, в



Темные полости неправильной формы в одном из образцов метеорита Фармингтон (фотография Р. Биннса). Внутри самой крупной полости видна металлическая частица

Один из образцов метеорита Фармингтон (в разрезе). Тонкие металлические жилки пронизывают весь метеорит



районе Фармингтон. Фармингтоном называли и сам метеорит.

Большой кусок весом около 85 кг упал на ферме, принадлежавшей некой Лидии Келси. Сама Лидия Келси жила в Иллинойсе, а ферму арендовал у нее мистер Януари. В тот день Януари перепыхивал дерн. Пообедав и отдохнув, он забрался под свою машину, чтобы произвести небольшой ремонт, и вдруг услышал странный звук. Януари быстро выбрался из-под машины и увидел, как с неба падает небольшое темное тело. Метеорит упал всего в 30 шагах от Януари. С сильным глухим звуком, вызвав сотрясение, он почти отвесно ушел в землю на глубину около 1,5 м, пробил 45-сантиметровый слой аллювия и зарылся в очень твердый глинистый сланец, образовав отверстие почти с вертикальными стенками. Крупные комья земли взметнулись на высоту около 12 м и разлетелись на 7 м в стороны. Очевидцем падения была также учительница мисс Гилд.

Придя в себя и кое-как успокоив испуганных лошадей, Януари начал выкапывать метеорит. К нему на помощь с соседних ферм подоспели еще четыре человека. Только через час добрались они до метеорита. Однако понадобилось еще три часа, чтобы извлечь его — так прочно зашел метеорит в глинистом сланце. Глина «спеклась» вокруг метеорита, и потому выкопать его было очень трудно. К месту падения спешили люди. Один только Скрайби, о котором упоминалось в начале статьи, ничего не слышал и не видел. Он был глухим. Лишь когда домашние знаками объяснили ему, что лошади вернулись с пастбища страшно пере-

пуганные, Скрайби отправился выяснять, в чем дело, и увидел людей, выкапывающих метеорит.

Извлеченный из почвы метеорит оказался расколотым на две части весом примерно 65 и 20 кг. Сложенные вместе они производили впечатление целого, без острых углов, за исключением того края, которым метеорит врезался в землю. Метеорит был покрыт черной корой плавления и похож, скорее, на кусок металла, чем камня. В разломе имел темно-серый цвет с яркими металлическими блестками. Меньший кусок сразу же раскололи молотком, и осколки разошлись по рукам. Вскоре почти у каждого жителя Вашингтона в кармане лежал кусочек метеорита.

Большой кусок метеорита был угловатым. Он имел в длину 50 см, в ширину 30—35 см, толщина у одного конца составляла около 25 см, у другого — 10 см.

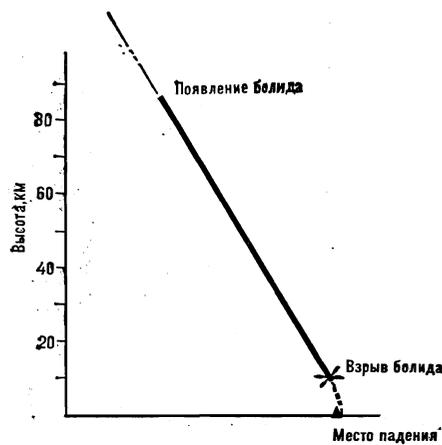
На место падения в тот же день или на следующее утро прибыли профессор Ф. Крагин из Вашбурнского колледжа в Топике, профессор Гоуенлок из Клей-Сентера и профессор Ф. Сноу из Канзасского университета. Гоуенлок сразу же обратил внимание на структурные особенности мелких кусочков, отколотых от метеорита. «Один из разломов, — сообщил он в газету, — прошел через центр полости диаметром около  $\frac{3}{4}$  дюйма, стенки которой были плотно усеяны капелками переплавленного никеля». Полости (небольшие пустоты) разных размеров оказались весьма характерными для метеорита Фармингтон. В некоторых из них обнаружены металлические глобулы, иногда довольно крупные.

Через несколько дней был найден второй экземпляр метеорита весом около 2,5 кг. Его обнаружил на соседней ферме ее владелец Джон Виндхорст. Во время уборки хлеба Виндхорст вдруг почувствовал резкий толчок, и его машина остановилась. Предположив, что она сломалась, Виндхорст соскочил на землю и под колесом уборочной машины увидел метеорит. Он был покрыт такой же черной корой плавления, что и экземпляр Януари, а внутри оказался тоже темным. Заметны были и рассеянные металлические зерна. Ни около первого, ни около второго экземпляра не было найдено больше никаких обломков.

Вскоре больший уцелевший кусок метеорита был выставлен в Вашингтоне, а потом в Биатрисе, и его видели тысячи людей. Мистеру Януари сначала предлагали за метеорит около 40 долларов, но постепенно цена росла. Наконец, метеорит был продан за 600 долларов профессорам Сноу и Крагину, которые приобрели его на паритетных началах для своих учебных заведений. Впоследствии метеорит был разделен на части. В настоящее время образцы метеорита находятся во многих метеоритных коллекциях: 25 кг хранится в Чикаго, 3 кг в Гарвардском университете, 6 кг в Нью-Йорке, около 2,5 кг в Париже, 0,5 кг в Оттаве, 0,25 кг в Праге. Небольшой кусочек метеорита есть и у нас — в коллекции Комитета по метеоритам, и выставлен он в Минералогическом музее в Москве.

#### ПУТЬ В АТМОСФЕРЕ И МЕЖПЛАНЕТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В дошедших до нас описаниях падения Фармингтона поражает непроти-



воречивость и внутреннее согласие в указаниях направления полета болида. Поэтому удалось довольно надежно определить его траекторию. Оказалось, что метеорит двигался в атмосфере очень круто — под углом примерно  $60^\circ$  к горизонту. Болид вспыхнул на высоте около 90 км и пролетел приблизительно 95 км. Сопротивление воздуха уменьшило скорость болида к концу пути почти до 5 км/сек. Над Вашингтоном, на высоте около 10 км болид взорвался. Образовавшиеся крупные осколки по еще более крутой траектории упали на землю.

Что касается начальной скорости метеорита — скорости входа в атмосферу, то она не могла быть меньше 11,2 км/сек. (Такую скорость приобретает любое тело, свободно падающее из космического пространства, то есть не имеющее первоначально никакой скорости по отношению Земле. Такую же скорость надо сообщить и любому телу, находящемуся на поверхности Земли, чтобы преодолеть земное притяжение и выйти в космос. Ее называют второй космической скоростью.) Согласно современным представлениям, начальная скорость метеорита не могла превышать 22 км/сек: при больших скоростях космические тела в атмосфере Земли подвергаются настолько интенсивной абляции (дробление, испарение, сдувание расплавленной пленки), что не достигают поверхности Земли. Они полностью измельчаются, превращаются в тонкую пыль, и только эта пыль впоследствии оседает на поверхность.

При входе в атмосферу скорость метеорита Фармингтон, вероятно,

была близка к 22 км/сек. Учет земного притяжения показывает, что метеорит, догоняя Землю в ее движении вокруг Солнца, приближался к ней с относительной скоростью, не превышающей 19 км/сек. Направление вектора скорости Фармингтона составляло небольшой угол с вектором скорости Земли.

Согласно расчетам, до встречи с Землей Фармингтон двигался по эллиптической, не сильно вытянутой орбите, плоскость которой наклонена к плоскости эклиптики на  $5-10^\circ$ . Афелий орбиты находился, по-видимому, за орбитой Марса, в поясе астероидов, осколком одного из которых и является Фармингтон. Перигелий лежал на расстоянии не менее 0,4 а. е. от Солнца. Перед встречей с Землей Фармингтон прошел перигелий, расположенный над плоскостью эклиптики, и, спускаясь к ней, столкнулся с Землей.

#### СТРОЕНИЕ МЕТЕОРИТА

Химический и минералогический состав Фармингтона похож на состав большинства каменных метеоритов. Фармингтон содержит многочисленные хондры — силикатные шарики — диаметром до 7 мм, промежутки между которыми заполнены мелкими, неправильной формы кристалликами силикатов и других минералов. Силикаты составляют 87% всего ве-

■ *Траектория болида в земной атмосфере (проекция на вертикальную плоскость)*

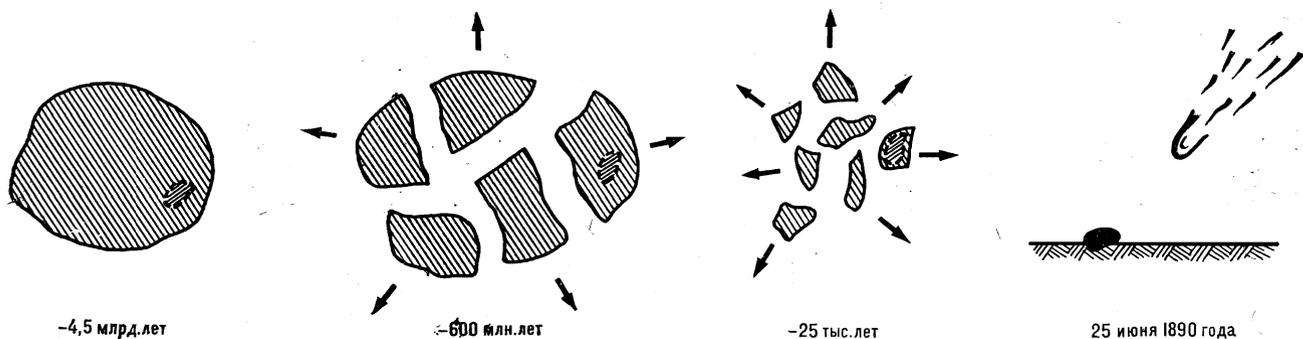
щества. Это в основном железо-магnezиальные минералы — оливин и гипперстен. 7,6% приходится на никелистое железо — твердый раствор никеля в железе. В небольших количествах присутствуют и другие минералы, в том числе сернистое железо (троилит). По своему составу Фармингтон относится к классу гиперстерновых хондритов.

Гиперстерновые хондриты когда-то были частью крупных астероидных тел. На глубине 20—150 км, где формировалось вещество этих метеоритов, температура в прошлом достигала  $600-1000^\circ\text{C}$ . Остывало вещество медленно: на  $2-10^\circ$  за 1 млн. лет.

Время формирования вещества метеоритов определяют, анализируя изотопный состав содержащихся в них стронция и рубидия. Рубидий-87 — радиоактивный изотоп, который, распадаясь, превращается в стронций-87. Чем больше накапливается стронция-87 и чем меньше остается рубидия-87, тем старше метеоритное вещество. Сопоставление количества стронция-87 и рубидия-87 в веществе метеорита Фармингтон показало, что оно образовалось 4,5 млрд. лет тому назад.

#### СТОЛКНОВЕНИЯ В КОСМОСЕ

В веществе метеорита Фармингтон было определено содержание гелия, который образуется при распаде урана-235, урана-238 и тория-232, а также содержание изотопа аргон-40, возникающего во время распада калия-40. Ядра урана, тория и калия встречаются в метеоритном веществе в кристаллических решетках разных минералов. Когда эти тяжелые



ядра распадаются, то появляющиеся легкие ядра гелия и аргона оказываются внутри решетки, как в ловушке. Чтобы покинуть метеоритное вещество, они должны прежде всего выбраться из кристалла, а это возможно только в нагретом веществе: атомы аргона могут с заметной скоростью диффундировать сквозь кристалл лишь при температуре выше  $250^{\circ}\text{C}$ , а меньшие по размеру атомы гелия — при температуре выше  $100^{\circ}\text{C}$ . После того как ядра выбрались из кристалла, они легко ускользают из вещества, перемещаясь по трещинам и порам.

Накапливаться радиогенные аргон и гелий могут только в холодном теле. Время такого накопления для метеорита Фармингтон оказалось равным всего 600 млн. лет. Значит, 600 млн. лет тому назад тело, внутри которого формировалось вещество Фармингтона, подверглось сильному нагреву, так что накопленный ранее аргон и гелий были утеряны. Сравнение с другими метеоритами показало, что есть небольшая группа гиперстеновых хондритов, которые потеряли аргон и гелий приблизительно в то же время, как и Фармингтон.

Андерс рассмотрел особенности структуры гиперстеновых хондритов с низким содержанием аргона и гелия и пришел к выводу, что все эти метеориты, вероятно, входили в состав одного и того же родительского тела, которое 600 млн. лет назад, двигаясь в межпланетном пространстве, столкнулось с другим большим телом. Столкновение оказалось катастрофическим. Вещество подверглось ударному сжатию, сильному нагреву. Родительское тело раздробилось.

Многие гиперстеновые хондриты очень светлые и часто хрупкие. Есть основания предполагать, что до столкновения таким же было и вещество Фармингтона. Под воздействием давления и нагрева оно уплотнилось, стало твердым и прочным и в то же время очень темным, почти черным. Почернение связывают с тем, что в момент удара ионы железа покидают кристаллическую решетку силикатов, а затем сливаются в мельчайшие, не различимые глазом металлические шарики, которые и придают темный вид метеориту. Многие хондры были разрушены, а в некоторых участках и вовсе исчезли, зато появились металлические жилки, заполненные иногда никелистым железом особого строения, иногда густорасположенными мельчайшими металлическими шариками. После дробления та область вещества, которая впоследствии стала метеоритом Фармингтон, осталась глубоко внутри крупного осколка и была защищена от воздействия космических лучей.

Из-за больших размеров осколка остывал не слишком быстро. Аргон и

гелий, накопленные раньше, ускользнули в космическое пространство, вследствие диффузии выравнился состав частиц никелистого железа и силикатов, произошла раскристаллизация хондр, образовался дополнительно троилит в результате взаимодействия серы со ставшими очень подвижными атомами железа.

Никелистое железо Фармингтона приобрело редкую для метеоритов структуру мартенсита, которая свидетельствует об охлаждении более быстром, чем при первоначальном формировании вещества.

Столкновение 600 млн. лет назад не было последним. В веществе Фармингтона обнаружены короткоживущие радиоактивные изотопы алюминий-26 и неон-21, которые образуются только под воздействием космических лучей. Измерение их количества показало, что метеорит облучался всего 25 тыс. лет. Это означает, что 25 тыс. лет назад крупный обломок, возникший при первом дроблении астероида 600 млн. лет назад, испытал еще одно столкновение в межпланетном пространстве и раздробился уже на мелкие осколки. Один из них 25 июня 1890 года и столкнулся с Землей. Он имел размеры несколько большие, чем размеры выпавшего метеорита, так как часть вещества была распылена в атмосфере Земли. Не исключено, что выпали не только два куска метеорита, но остальные не были найдены.

Первоначальная орбита родительского тела была, вероятно, типично астероидной, то есть почти круговой с малым наклоном к плоскости эклиптики, и лежала целиком за орбитой Марса, в поясе астероидов. Столкно-

■  
*Основные этапы истории метеорита Фармингтон (внутри астероида и его обломков условно показана область, соответствующая метеориту): 4,5 млрд. лет назад в недрах крупного тела сформировалось вещество гиперстеновых хондритов; 600 млн. лет назад катастрофическое столкновение с другим космическим объектом закончилось дроблением; 25 тыс. лет назад обломок, в который входил метеорит Фармингтон, испытал еще одно дробление; 25 июня 1890 года на Землю упал метеорит Фармингтон*



вание 600 млн. лет назад не могло существенно изменить ее. Скорости разлета крупных обломков вряд ли превышали десятки или сотни метров в секунду. Это привело лишь к небольшому изменению скоростей движения по орбите (которые для пояса астероидов составляют около 15—20 км/сек), а следовательно, к небольшим различиям и самих орбит.

В дальнейшем планетные возмущения по-разному меняли орбиты обломков, возникших 600 млн. лет назад. Процесс этот очень медленный. Для преобразования типично астероидной орбиты в орбиту, которая пересекла бы земную, нужно время порядка сотен миллионов лет, причем далеко не все орбиты превращаются в пересекающие земную. Поэтому так мало падает на Землю метеоритов — обломков огромного числа астероидов, остающихся за орбитой Марса. Возможно, лишь один из обломков, образовавшихся 600 млн. лет назад, перешел на орбиту, пересекающую земную. Затем, уже двигаясь по этой орбите, но постоянно возвращаясь в пояс астероидов, где находился афелий его орбиты, обломок столкнулся с одним из небольших астероидов, что и привело ко второму дроблению. Рой мелких осколков, полетевших вдоль орбиты, начал постепенно выпадать на Землю. Фармингтон был одним из них. Есть ли среди найденных на Земле метеоритов его близнецы, родившиеся 25 тыс. лет назад? Или они затеряны на поверхности нашей планеты? Или им еще только предстоит встретиться с Землей? Ответа на эти вопросы пока нет.

## ГИГАНТСКИЙ МЕТЕОРИТНЫЙ КРАТЕР

Происхождение Садберийской депрессии, простирающейся на 60 км в длину и 27 км в ширину к северу от озера Гурон (провинция Онтарио, Канада), в течение ряда лет вызывает споры среди специалистов. В 1964 году американский геолог Р. Дитц высказал предположение, согласно которому депрессия возникла при падении гигантского метеорита. Эту гипотезу подтверждают новейшие данные.

В древних геологических породах Канадского щита обнаружены взрывные кратеры. В пределах депрессии и к северу от нее породы несут следы метаморфизма, что может быть вызвано ударным воздействием. Но сама депрессия не имеет обычных в таких случаях кольцевых очертаний. Именно это и послужило сильным аргументом против ее метеоритного происхождения. Недавно геологи С. Брокум и А. Далцил установили, что внутренняя структура первоначально была почти кольцевой. По их мнению, от 1,6 до 2 млрд. лет назад вся эта геологическая провинция подверглась воздействию сил сжатия, в результате чего округлые очертания депрессии сменились вытянутыми. Одновременно в прилегающем районе шли активные процессы образования складчатости.

«Science News», 106, 15, 1974.

## ПУЛЬСАР В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ

Почти половина звезд нашей Галактики — двойные. Поэтому казалось несколько странным, что все известные радиопульсары (а их более

ста) одиночные. Но вот, наконец, в созвездии Стрелы обнаружен пульсар, который имеет невидимого компаньона. Это открытие сделали американские радиоастрономы Дж. Тейлор и Р. Халс, занимающиеся систематическим поиском пульсаров на 300-метровом радиотелескопе в Аресибо (Пуэрто-Рико).

Период повторения импульсов нового пульсара циклически меняется от 0,058967 до 0,059045 секунды. Полный цикл такого изменения равен 7 часам 45 минутам. Это и есть орбитальный период пульсара. Частота следования импульсов меняется по той же причине, что и длина волны движущегося источника излучения (эффект Доплера).

По характеру изменения частоты следования импульсов пульсара можно оценить и параметры двойной системы. Оказывается, орбита пульсара имеет заметный эксцентриситет. Она эллиптическая, что необычно для короткопериодических систем. Большая полуось орбиты примерно равна радиусу Солнца. Была измерена также функция масс этой системы — величина, зависящая от масс компонентов и угла наклона орбиты к лучу зрения. В настоящее время проводятся дополнительные наблюдения, необходимые для оценки масс обеих звезд. В частности, изучаются тонкие эффекты вращения большой полуоси орбиты, которые могут возникнуть в тесной двойной системе.\*

\* Советские ученые В. А. Брумберг, Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков и Н. И. Шакура показали, что на изменении частоты импульсов пульсара при его движении по орбите должны сказываться эффекты общей теории относительности. Эти эффекты малы, но все же могут быть измерены, поскольку точность определения периода следования импульсов огромна. Работа советских ученых опубликована в № 1 за 1975 г. «Писем в Астрономический журнал». — *Ред.*

## НЕЙТРИННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ИЗ КОСМОСА

Американские и итальянские астрофизики установили в заброшенной шахте на глубине 1455 м семь черенковских счетчиков частиц. 4 января 1974 года шесть из них зарегистрировали импульсы космического излучения. Импульсы шли четырьмя отдельными группами. Длительность каждой группы около 1 микросекунды; интервалы между ними составляли 640, 968 и 928 микросекунд.

Участники эксперимента высказали мнение, что эти импульсы могут быть вызваны антинейтрино или позитронами с энергией от 20 до 100 Мэв. Возможно, что такие частицы образуются при гравитационном коллапсе какой-либо обычной звезды в центре нашей Галактики, в процессе которого звезда перерождается в нейтронную. Подобные события теоретически должны сопровождаться пульсациями с периодом, близким наблюдаемому, и испусканием антинейтрино.

«Physics Today», 27, 7, 1974.

## ЗАГАДОЧНАЯ ТУМАННОСТЬ В ЛЕБЕДЕ

Неприметная туманность 12-й звездной величины, которая числилась в каталоге Ф. Цвикки как карликовая галактика под номером IVZW67, преподнесла астрономам сюрприз. Все началось с того, что открытый Г. Мардоком (США) инфракрасный источник в созвездии Лебеда был отождествлен с этой туманностью. Дальнейшие детальные измерения в инфракрасном диапазоне 8—11 мк, проведенные в августе 1974 года с борта самолета Е. Неем и его соратниками, показали, что температура источника равна 150° К, а угловые размеры около двух секунд. Тем временем туманность сфотографировали, и стала очевидной ее необычная структура — две соприкасающи-



ся почти сферические туманности, центры которых отстоят друг от друга на семь секунд дуги. Инфракрасный источник лежит как раз посередине между двумя половинками туманности.

Спектр оптического излучения туманности в созвездии Лебеда имеет все характерные особенности звезды-сверхгиганта класса F5, правда, с некоторыми аномалиями. Вместе с тем, в спектре отсутствует значительное красное смещение линий, присущее всем внегалактическим объектам. Значит, туманность находится в нашей Галактике!

Астрономы предложили модель этого объекта. Обе половины туманности освещаются звездой, расположенной между ними. Сама звезда не видна, поскольку окружена достаточно толстым газо-пылевым кольцом. Это кольцо и перерабатывает свет центральной звезды в инфракрасное излучение. Если картина в действительности такова, то свет туманности должен быть поляризован в плоскости, перпендикулярной ее продольной оси. Поляризация оказалась столь значительной, что ее обнаружили в любительский 30-сантимет-

ровый телескоп. Таким образом, реальность модели источника подтверждена.

Если центральная звезда — сверхгигант класса F5, ее абсолютная звездная величина должна быть около —5. В совокупности с наблюдаемым потоком инфракрасного излучения, которое, кстати, в 1000 раз сильнее видимого излучения туманности, это дает расстояние до туманности 700 пс (или более). Следовательно, размеры пылевого диска по крайней мере в 300 раз превосходят Солнечную систему.

Уникален ли этот объект в Галактике? \* «Родственников» загадочного объекта можно поискать и среди многочисленных источников инфракрасного излучения, которые удалось обнаружить в последние годы. Большинство этих источников, по-видимому, представляют собой звезды, окруженные пылевыми дисками и оболочками. «Sky and Telescope», 49 1, 1975.

\* В 1970 году советский астрофизик В. С. Стрельницкий установил, что, вероятно, одна из звезд туманности M 78 в созвездии Ориона окружена пылевым диском. Сама туманность M 78 светит таким же поляризованным рассеянным светом центральной звезды, как и объект в созвездии Лебеда. (Ред.)

■  
*Необычная туманность в созвездии Лебеда. Справа от нее — изображение соседних звезд поля*



## Доброволец народного ополчения

Леонид Алексеевич Кулик (1883—1942) — один из организаторов работ по метеоритике в Советском Союзе. Свыше двух десятков лет он занимался сбором, изучением метеоритов и условий их падений на Землю.

В 1911 году, когда Л. А. Кулик служил на Урале помощником лесничего, он впервые встретился там с академиком В. И. Вернадским, возглавлявшим уральский отряд радиевой экспедиции. Как потом вспоминал В. И. Вернадский, Л. А. Кулик оказался энергичным, культурным человеком, вокруг которого сосредотачивалась молодежь, интересовавшаяся природой. Сам Леонид Алексеевич был ботаником, орнитологом, минералогом, работал в местном музее, прекрасно знал территорию Миасского лесничества на Урале и был хорошо знаком с местными жителями. С большой радостью он принял предложение В. И. Вернадского участвовать в работах экспедиции. С этого времени Л. А. Кулик окончательно связал себя с Минералогическим музеем Академии наук и позднее, в 1924 году, он окончил Ленинградский университет по специальности минералогия.

В 1921 году по предложению академика В. И. Вернадского Леонид Алексеевич целиком занялся метеоритами в созданном тогда при Минералогическом музее метеоритном отделе. Он ежегодно совершает поездки в районы падений метеоритов, систематически организует исследования состава их вещества.

В августе 1921 года Л. А. Кулик возглавил первую метеоритную экспедицию Академии наук. В конце апреля 1922 года экспедиция вернулась в Петроград, доставив ряд новых метеоритов. Тогда же Леонид Алексеевич собрал в Сибири сведения о падении крупного метеорита 30 июня 1908 года в бассейне реки Подкаменной Тунгуски.

Изучению обстановки падения Тунгусского метеорита и поискам его обломков Л. А. Кулик посвятил многие годы. С 1927 по 1939 год он провёл в районе падения пять экспеди-



ций, руководил аэрофотосъемкой этого района. Исследуя обстановку падения Тунгусского метеорита, Л. А. Кулик изучал и природу почти совсем неизвестного в то время края.

Нельзя не отметить одну черту характера Леонида Алексеевича — его любовь к детям. Детям он посвящал не только часы своего досуга, показывая через алюминий световые картины, но старался привить им интерес к науке. Так, Леонид Алексеевич привлек школьников к сбору каменного метеоритного дождя, выпавшего в декабре 1933 года во Владимирской области. Ребята разыскали почти 100 метеоритов общим весом около 50 кг.

Война с фашистскими захватчиками прервала научную деятельность Леонида Алексеевича. На второй день войны он подал заявление о приеме его кандидатом в члены партии, а 5 июля 1941 года одним из первых, исполняя свой патриотический

долг, вступил в ряды народного ополчения. В августе 1941 года на партийном собрании Геологического института АН СССР Л. А. Кулик был принят кандидатом в члены партии, а осенью, в самые тяжелые дни этой жесточайшей войны, он находился на передовой линии фронта. В октябре 1941 года, раненный в ногу, он оказался в плену и умер в городе Спас-Деменске 14 апреля 1942 года от сыпного тифа. Леонид Алексеевич похоронен на Спас-Деменском кладбище.

Л. А. Кулик много времени уделял популяризации метеоритики. Им прочитано множество увлекательных лекций в самых разнообразных аудиториях, написаны сотни статей и заметок в научно-популярных журналах и газетах. Одна из его статей, в которой, согласно народным преданиям, рассказывается о падении редкого типа метеоритов — палласитов, — впервые публикуется в этом номере журнала.

**Доктор геолого-минералогических наук**

**Е. Л. КРИНОВ**

■  
*Леонид Алексеевич Кулик (в центре) среди добровольцев Московского народного ополчения, 1941 год*

## Палласиты в индийских сагах

Народный эпос — неиссякаемый источник материалов, свежесть которых для науки и искусства не теряется никогда... В древней сказочной Индии персонажи героического эпоса, «живая» и «мертвая» природа — все это переплелось между собой в художественные гирлянды красочных сказаний, известных под названием лапидариев. Отсюда академик А. Е. Ферсман взял для своих «Самоцветов России» чарующую сказку о происхождении изумрудов — драгоценных камней зеленого цвета.

Любопытная мысль возникла у нас при чтении этого действительно высокопоэтического произведения. Но чтобы быть точным в расшифровке смысла искрящей перлами фантазии и свежестью красок сказки, мы должны были иметь в своем распоряжении точный первоначальный текст ее. Однако же ни перевод с французского академика А. Е. Ферсмана, ни сам французский текст Луи Фино нас удовлетворить не могли, и мы с санскритским текстом в руках обратились к знатоку его, академику Сергею Федоровичу Ольденбургу. За несколько месяцев до своей смерти он перевел нам приведенную ниже купюру этого самородка индийского народного творчества. Понятно, что мы берем лишь тот отрывок его, который нас интересует, сохраняя нумерацию стихов подлинника.

146. «Взяв желчь верховного владыки Данавы<sup>1</sup>, быстро устремился Васуки, царь змей, как бы рассекая надвое небо.
147. Подобно огромному серебряному изломанному мосту, отражался он в раздольи моря, и зажигалось оно огнем отблеска головы его.
148. И поднялся против него Гаруда<sup>2</sup>, ударяя крыльями, как бы обнимая и небо и землю.
149. Индра змей<sup>3</sup> тотчас же выпустил желчь к подножью горы — владычицы земли, туда, где деревья

турушки благоухают каплями сока и заросли лотов наполняют воздух своим запахом.

150. Как только упала она на землю, где-то там, вдали, в стране варваров, на границах пустыни, близ берега моря — там превратилась она в копи изумрудов.
151. Но Гаруда схватил в свой клюв часть упавшей на землю желчи и вдруг, охваченный слабостью, выпустил ее через свои ноздри обратно на гору.
152. И образовались изумруды, цвет которых подражает цвету шеи молодого попугая, цвету шириши, спине кадиота, молодой травке, водяной тине, железу и рисункам пера в хвосте павлина.
153. Эту копь, расположенную на том самом месте, куда упала желчь вождя Дайтиев<sup>4</sup>, брошенная пожирателем змей, очень трудно отыскать, и она обладает выдающимися достоинствами...».
- У Луи Фино, по-французски, эта же картина изложена так («Агастигмата», стр. 283—289).
283. «Разные цветные камни рождены от тела Данавы. Овладев его желчью, отправился в путь царь Паталы<sup>5</sup>.
284. Но в то же время как он, ликуя, одолевал по воздуху путь к своему жилью, брат Сурьи, оружие освобождения его матери, Гаруда увидел его.
285. Бурно взмыл он кверху. Царь змей обмер. Остановленный содроганием его груди, по которой он ходил, Васуки закатил в испуге глаза.
286. Желчь выскользнула из его пасти и упала на землю, на участке непроходимом, случайно необитаемом.
287. Там, в одном месте страны турушки, близ берега морского, есть гора — царица земли, известная в трех мирах.
288. Там находятся копи изумрудов, наилучшие из существующих. Но эти копи — не для несчастных рож-

Статья публикуется с небольшими сокращениями.

<sup>1</sup> Данáва — вождь индусских великанов дайтиев. (Сравни: Дунай Иванович в русских былинах.)

<sup>2</sup> Гáруда — царь воронов. (Сравни русское: гаркнуть, каркнуть, галка).

<sup>3</sup> Индра змей — иносказательно, вместо царь змей.

<sup>4</sup> Дáйтии — индусские титаны (великаны, богатыри). Вождь дайтиев употреблено здесь иносказательно, вместо Данáва.

<sup>5</sup> Царь Пáталы (преисподней) — иносказательно, то есть Вáсуки, царь змей.



денных<sup>6</sup>: только кудесник в благоприятный момент может увидеть эти благородные камни».

Вернемся теперь от этой прекрасной саги-сказки к тому фактическому материалу, которым мы располагаем на сегодняшний день.

#### Что говорит нам метеоритика.

Метеориты летят с **огромной скоростью**, а потому они оканчивают свой стремительный бег по небу всего лишь в несколько секунд. В начале этого полета бывают иногда слышны **свистящие** или шипящие звуки.

Дробясь о воздушные слои и, вместе с тем, каждым своим отдельным обломком сжимая перед собой воздух до крайних пределов, метеорит повышает температуру встречных газов до тысяч и десятков тысяч градусов. Все это в совокупности образует ослепительно яркий **огненный шар** (болид), состоящий из раскаленного воздуха и накаленных им газов, а также частиц метеорита, сорванных воздушным давлением с поверхности отдельных кусков.

Сорванные воздухом частицы метеорита, остывая, образуют за ним светлый **серебристый след**, прямой сначала и змеевидный потом.

Пролетая по небу мгновенно (лишь несколько секунд), огненный шар и сопутствующий ему серебристый след иногда

#### Что говорит об этом же сага

«...**быстро** устремился Васуки... ударяя крыльями...»

«...и зажигалось оно **огнем** отблеска **головы** его.»

«Подобно огромному **серебряному изломанному мосту**, отражался он в раздолье моря...»

«...как **бы** **рассекая** **на** **двое** **небо**.»

как **бы** **рассекают** небо надвое. Это впечатление «разверзания небес» ночью бывает особенно эффектным.

Почти все метеориты задерживаются воздухом. В точке их задержки — там, где **тухнут** все огненные явления и, следовательно, исчезает, «закатывается» болид, — мгновенно образуется **темное** (до черного) **облачко**, во много раз **превосходящее** ширину **следа**. Облачко и след **расплываются**, охватывая значительную часть неба. Иногда после этого образуются мощные облака, формой и цветом напоминающие белоснежные крылья.

Мощное, мгновенное, роем камней внедрение метеорита в воздух, с мгновенным же накаливанием последнего до тысяч градусов и вспышкой болида, образует цилиндр разреженного пространства в сотни метров и больше поперечником. Эта «пустота» **захлопывается** окрестными массами воздуха, производящими потрясающие **громовые удары** у точки задержки роя и грохот по остальному пути его.

Свежевыпавшие метеориты обычно покрыты черной корой. Но при лежании в земле они буреют, приближаясь по цвету, а иногда и по характеру поверхности и форме, к **печени**. Некоторые полужелезные метеориты, в особенности палласиты, своей

«...Гаруда увидел его, **Бурно** взмыл он кверху... Остановленный содроганием его груди... Васуки **закатил** в испуге глаза... **крыльями**, как **бы** **обнимая** и небо и землю.»

«...**ударяя** крыльями... **содроганием** его груди.»

«Взяв желчь (печень — Л. К.) верховного владыки Данавы... тотчас же выпустил желчь к подножью горы.»

<sup>6</sup> Простых смертных.

внутренней губчатой, пещеристой структурой еще более напоминают собой последнюю.

Палласиты характеризуются наличием в их пещерах, гнездах и пустотах оливина или хризолита — самоцвета медово-желтого, желтовато-зеленоватого или яблочно-зеленого цвета. Древние народы не делали еще такого глубокого различия между некоторыми сходными по цвету, но различными по химическому составу камнями, как это делаем сейчас мы. Зачастую все зеленые камни отождествлялись с изумрудами. Академик А. Е. Ферсман, например, сам признает («Самоцветы России». Пг., 1921 г., стр. 41), «что различные зеленые самоцветы перепутаны Плинием в общем понятии *смаргда*» (изумруда — Л. К.).

Какая точная аллегория! Какая вместе с тем глубоко поэтическая символизация всей обстановки падения палласита, падения метеорита вообще, неизменно во все времена и у всех народов производившего на человека исключительно сильное впечатление!

С печенью (палласитом) царя Данавы в своей пасти, прорезает небо Васуки, царь змей (болид со своим следом), и в своем стремительно-быстром, практически мгновенном беге и ослепительной яркости как бы рассекает небо надвое, и отблеск пламени его головы загибается в зеркале моря; а позади, подобно огромному

«Но Гаруда схватил в свой клюв часть упавшей на землю желчи и вдруг, охваченный слабостью, выпустил ее через свои ноздри обратно на гору. И образовались изумруды...»

серебряному изломанному мосту (серебристый зигзагообразный след), растягивается огромное тело его, отражаясь в раздолье моря. Но увидел его Гаруда, царь воров (темное облако в точке задержки), молниеносно взмыл он (мгновенность появления!), огромный, кверху, ударяя крыльями (свист и шипение в начале полета болида!), и столкнулись они оба в своем стремительном беге навстречу друг другу. И остановленный содроганием (громовые звуки!) огромной груди Гаруды, по которой он как бы ходил, обмер Васуки и в испуге закрыл глаза (потух болид!). И выпала из пасти его печень (палласит) на землю, и там, где она упала, образовалась копь. Но Гаруда схватил клювом часть выпавшей из печени на землю зеленой желчи и выпустил ее обратно через ноздри, и образовались в этой копи зеленые изумруды (хризолиты).

Трудно представить себе возможность лучшего совпадения этой поэтической аллегории с наблюдаемой обстановкой падения метеоритов, и палласитов в частности. Единственным «темным пятном» из несущественных, впрочем, деталей будет то обстоятельство, что по контексту для естественной правдивости всего этого изображения в стихах 146, 149, 153, 283 и 286 не должно быть «желчи», так как разговор здесь может идти только лишь о печени. Если считать безупречной запись старинных устных индийских саг при составлении рукописных свитков, то придется допустить либо более древнее искажение в устной передаче, как результат утери и полного уже отсутствия представления о первоисточнике этой аллегории, либо забытую метонимию (часть вместо целого): «желчь» вместо «печени». Что же касается наименования всех зеленых самоцветов изумрудами, то это вполне естественное явление в обстановке эмбриональной минералогии, какой она была 6—10 тыс. лет тому назад.

Рисунок В. Перельштейна



Кандидат физико-математических наук  
**Ю. С. ГЕНШАФТ**  
Кандидат геолого-минералогических наук  
**А. Я. САЛТЫКОВСКИЙ**

## **IV Всесоюзное вулканологическое совещание**

Второй раз за последние 10 лет собрались на Камчатке специалисты, изучающие жизнь вулканов. Это и не удивительно; Камчатка — край «огнедышащих гор», единственное место в нашей стране, включая примыкающую дугу Курильских островов, где можно увидеть, как рождаются, живут и умирают вулканы. Совещание, проходившее в Петропавловске-Камчатском (сентябрь 1974 года) было организовано Институтом вулканологии Дальневосточного научного центра Академии наук СССР.

В представленных докладах освещались три основные проблемы активного вулканизма: вулканизм и геодинамика; вулканизм и современные гидротермальные процессы; происхождение и эволюция магматических расплавов и их отражение в вулканическом процессе. Было заявлено 332 доклада, из которых более 20 появились в печати еще до открытия совещания в сборнике «Геодинамика, магнообразование и вулканизм».

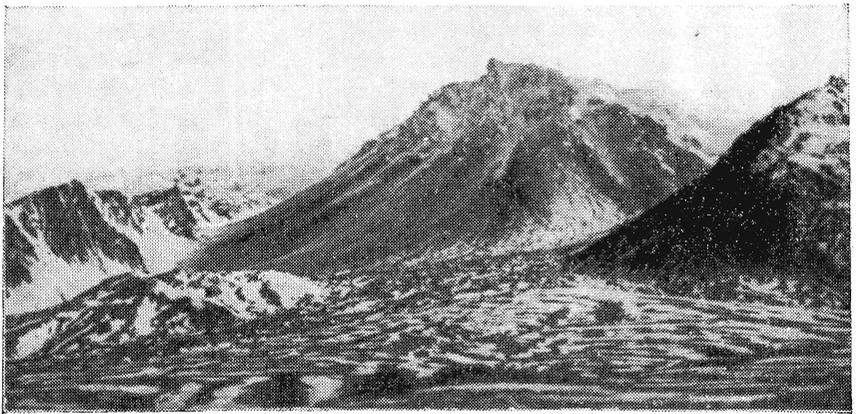
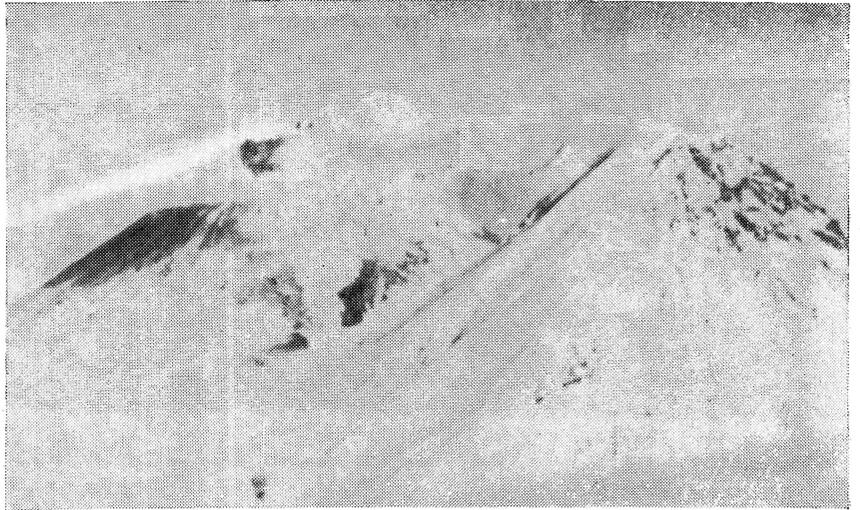
На этом совещании наметился своеобразный переход от качественного описания вулканических событий к детальному анализу магматического процесса и поверхностного вулканизма, как его внешнего отражения. Большинство докладчиков стремилось связать обсуждаемые вопросы с новейшими данными геофизических, геохимических и физико-химических экспериментальных исследований. Отличительной чертой была и попытка всесторонне охватить процессы вулканизма, представить их как цепь тектоно-магматических явлений, характеризующих направленное развитие глубинных зон коры и верхней мантии.

На первом симпозиуме «Вулканизм и геодинамика» рассматривалась геодинамическая обстановка проявлений различных типов вулканизма; динамика процессов в коре и мантии вулканических областей по геофизическим данным; эволюция вулканизма и проблемы цикличности. Наиболее интересными были обобщающие доклады академика А. А. Яншина, члена-корреспондента АН СССР С. А. Федотова, доктора геолого-минералогических наук Е. Е. Милановского. В них обсуждались вопросы тектонического положения вулканизма в различных структурах земной коры, взаимосвязи вулканических процессов с зарождением и размещением полезных ископаемых. Рассматривались закономерности развития вулканизма в различные геологические эпохи в областях с различным тектоническим режимом (платформы; орогенные зоны — пояса горообразования; области вторичной активизации тектоно-магматических процессов). Предложены возможные механизмы подъема магм и развития вулканического процесса, которые базируются на результатах работ коллективов Института вулканологии в Курило-Камчатской зоне. Так, по соотношению энергий поперечных и продольных сейсмических волн в мантии выделен «ослабленный» слой на глубинах 100—200 км, где и сосредоточены первичные магматические очаги. Концентрация магмы происходит на глубинах менее 60 км. Геофизическими методами исследования под вулканами установлены магматические каналы диаметром до 10 км, уходящие в глубь Земли до 100 км. Показано, что подъем магмы на поверхность может происходить под

действием гидростатических сил и тектонических процессов.

Главной темой второго симпозиума «Вулканизм и современные гидротермальные процессы» стала энергетика вулканических процессов. Гидротермальные процессы являются ведущими в формировании рудных и минеральных месторождений и отражают различные этапы эволюции магмы и вулканизма. В некоторых докладах обобщались результаты исследования тепловых потоков в тектонически активных зонах Земли, обсуждалась возможность зарождения органической жизни в вулканическом процессе. Было показано, что аминокислоты, входящие основными компонентами в состав белка, вполне могли возникнуть в ходе вулканического и гидротермального процессов.

Симпозиум «Происхождение и эволюция магматических расплавов» объединял три основных направления лабораторного и теоретического исследования магнообразования и вулканизма: изучение механизма вулканических извержений, критерии физико-химического состояния и эволюции магм, экспериментальные исследования вулканического процесса. (Авторы статьи принимали участие в работе этого симпозиума.) На нем было несколько докладов, посвященных детальному изучению физико-химического состояния магматического расплава в различных термодинамических условиях. Докладчики познакомили слушателей с несколькими моделями поведения силикатной физико-химической системы в «чистых» условиях эксперимента, которые, вообще говоря, могут и не отвечать реальной глубинной обстановке. В этом





случае прежде всего определяются «запрещенные» пути развития магматических процессов, то есть те, которые противоречат установленным закономерностям плавления и кристаллизации горных пород и минералов на различных глубинах. Таким образом, ограничивается число гипотез, рассматривающих различные возможности образования и эволюции магм. Некоторые докладчики подчеркивали, что в основу экспериментального изучения магматического процесса должно быть положено моделирование реального процесса, а результаты лабораторного исследования следует сопоставлять с данными изучения природных вулканических образований.

В работе совещания приняли участие 310 геологов и геофизиков из 64 институтов страны. Ученые подроб-

но ознакомились с деятельностью Института вулканологии АН СССР — крупным научным центром на Дальнем Востоке и самым большим из вулканологических учреждений мира. Институт недавно получил новое, хорошо оборудованное здание. По справедливому словам директора института, члена-корреспондента АН СССР С. А. Федотова, институт находится на «невидимой оси двухтысячечилометрового пояса вулканов Камчатки и Курильских островов». Из окон здания на севере видны массивы действующих вулканов Корякского и Авачинского, а на юге, за белоснежным конусом потухшего Виллючинского вулкана, высятся Мутновский и Горелый.

Институт проводит интереснейшие геофизические и геологические исследования на Камчатке. Именно здесь впервые в мире было осуществлено сейсмическое «просвечивание» глубинных магматических зон под активными вулканами и было доказано, что магматические очаги располагаются в пределах мантии Земли.

Важным направлением в исследованиях института можно считать разработку долгосрочного и краткосрочного прогноза извержений, несущих частую разрушения и грозящих человеческим жизням. Занимаясь прогнозом извержений камчатских вулканов, институт в первую очередь уделяет внимание вулканам, расположенным вблизи населенных пунктов. За последние 470 лет в результате извержений вулканов на Земле погибло более 200 тыс. человек.

Жителей Петропавловска-Камчатского, естественно, больше всего интересует, когда может произойти из-

вержение Авачинского вулкана — ближайшего опасного соседа. Заведующий лабораторией прогноза и механизма извержений Института вулканологии кандидат физико-математических наук П. И. Токарев утверждает, что с вероятностью 0,85 очередное извержение Авачинского вулкана произойдет до 1980 года. При этом масса извергнутых пород может достичь одного миллиарда тонн. Однако для города это извержение не представляет серьезной опасности.

В Институте вулканологии собрана и изучается богатейшая коллекция вулканических продуктов и ксенолитов — обломков глубинных пород, вынесенных на поверхность Земли во время извержения вулканов. Участники совещания смогли увидеть многие из этих образцов.

После заседания проводились экскурсии на Узон-Гейзерную систему, Карымский вулкан, Ключевскую группу вулканов, Авачинский и ряд других. Наиболее интересным было посещение кальдеры вулкана Узон и долины Гейзеров, а также Ключевской группы вулканов. Узон-Гейзерная система — крупная вулканическая структура с интенсивным проявлением современной гидротермальной деятельности. В кальдере Узон тянется полоса «парящих» площадок и озер. Поражает множество грязевых котлов и вулканчиков, бурлящих в кипящих воронках, «парящих» трещин. Температура источников достигает 96°С. Многие из них пульсируют. В любое время года Узон представляет собой живой оазис среди застывшего и су-

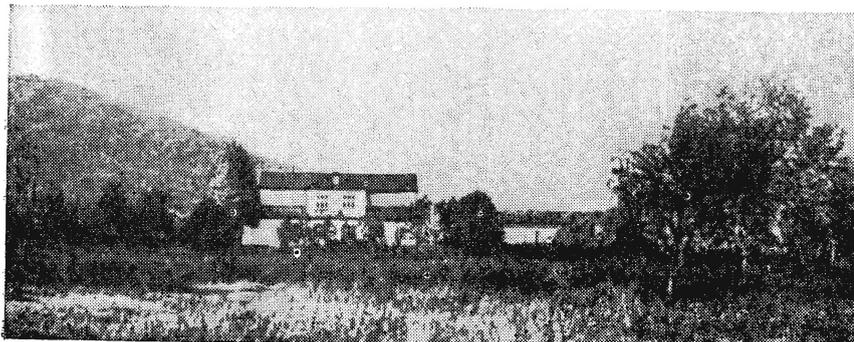
■  
*Склон Козельского вулкана*

■  
*Глубокие 30-метровые трещины среди ледника на Козельском вулкане*

■  
*«Прорыв» лавового потока на юго-западном склоне Ключевского вулкана. Виден столб пара, поднимающегося в том месте, где раскаленная лава соприкасается с ледником*

■  
*Сопка Безымянная — один из вулканов Ключевской группы*

■  
*Старейший вулканолог страны профессор В. И. Володавец (в центре) с участниками совещания близ Камчатской вулканологической станции в поселке Ключи. Слева — В. А. Ермаков, справа — Ю. С. Геншафт*



рового царства камней и снега. В кальдере Узона начинает свой извилистый бег река Шумная. Идя вдоль нее, попадаешь в долину Гейзеров. В 1941 году сюда впервые пришли геологи. Трудно передать чувства, охватывающие при виде грандиозного зрелища извержения гейзеров. На протяжении восьми километров от двойного водопада в верховьях реки до ее впадения в реку Шумную сосредоточены пульсирующие и постоянно действующие гейзеры. На верхних площадках «пáрят» грязевые котлы, из отвесных стен ущелья, окутанных паром, бьют струи мелких горячих фонтанов.

Несмотря на увлекательность экскурсии в кальдере Узона и долину Гейзеров, геологи с нетерпением ждали посещения Ключевской группы вулканов. Уже в первый день работы совещания его участники услышали сообщение об извержении Ключевской сопки и образовании новых побочных кратеров на юго-западном склоне вулкана. С 1972 года начала активизироваться деятельность основного вершинного кратера. К началу 1974 года резко возросла амплитуда вулканического дрожания, что свидетельствовало о скором извержении. И вот 28 августа при облете Ключев-

ского вулкана на высоте более 3000 м были обнаружены столбы пара и дыма на юго-западном склоне. Уже после посадки вблизи места извержения вулканологи увидели на склоне Ключевского вулкана цепочку кратеров, «посаженных» на трещину. Верхний кратер представлял собой взрывную воронку диаметром 60—80 м, от него вниз спускалась серия мелких взрывных конусов. В нижней части трещины из шлакового конуса вытекал лавовый поток. Это извержение отличается от всех известных предыдущих тем, что проходит на очень большой высоте среди ледника мощностью около 40 м. До сих пор известные побочные кратеры Ключевского вулкана встречались на высотах менее 2000 м. Одновременно с этим извержением активизировался вершинный кратер. Яркая и необычная картина извержений открылась перед нами, когда мы подлетали на самолете к поселку Ключи, где расположена вулканостанция. На склоне Ключевской сопки, покрытой черным пеплом, между заснеженными массивами вулканов Камень и Дальняя Плоская, мы увидели столб пара, поднимающегося в конце лавового потока. Были заметны периодические газовые выбросы из верхней воронки. Через несколько дней уже из поселка мы наблюдали ночью багровое свечение на склоне вулкана. Сотрудники Ключевской вулканостанции назвали новые побочные конусы именем IV Всесоюзного совещания.

Из-за того, что извержение проходило в труднодоступном месте, уча-

стникам экскурсий не удалось побывать в непосредственной близости от места прорыва. Однако превосходные экскурсии по реке Камчатке к «щекам» хребта Кумроч, к кратеру вулкана Безымянный и к группе побочных кратеров Ключевского вулкана, в том числе к кратерам прорыва Пийпа, образовавшимся в 1966 году, вознаградили нас массой ярких впечатлений. Руководили этими экскурсиями сотрудники Института вулканологии Н. А. Храмов, В. А. Ермаков и Ю. М. Дубик. Среди экскурсантов был старейший вулканолог профессор В. И. Влодавец — один из первых советских исследователей камчатских вулканов и основателей первой на Камчатке постоянно действующей вулканостанции в поселке Ключи в 1933 году.

Хозяева совещания подготовили руководителя геологических экскурсий с детальным описанием основных районов Авачинской группы вулканов, Паужетской вулcano-тектонической структуры, Ключевской и Карымской групп вулканов; районов Кроноцкой сопки и вулкана Крашенинникова.

Совещание комментировалось в газете «Камчатская правда». Совещание убедительно показало, что вулканология таит в себе большие возможности познания глубинных процессов и их связи с поверхностными явлениями.

Фото Ю. С. Геншафта

Здание Камчатской вулканологической станции в поселке Ключи. Здесь проводится полный комплекс научных наблюдений за вулканами Ключевской группы



В. И. ЦВЕТКОВ

## Метеорит «не от того» болида

19 октября 1941 года многие жители Чукотки были свидетелями полета очень яркого метеора (болида). По темнеющему вечернему небу пронесся огненный шар, оставивший за собой белую полосу. След этот исчез не сразу, он был виден еще около часа, постепенно искривляясь, расплываясь, растворяясь на фоне неба.

Специалисты всегда проявляют большой интерес к сообщениям о таких событиях, прежде всего, потому, что полет болида может закончиться падением метеорита. На этот раз им повезло: среди очевидцев оказался человек, не только составивший грамотное описание явления, но и сумевший сфотографировать его, — разумеется, не быстротечный полет болида, а ту светлую полосу, которая оставалась после полета. Снимки сделал фотокорреспондент ТАСС Дмитрий Дебабов, который находился тогда в одной из экспедиций на мысе Чаплина (юго-восточная оконечность Чукотки). Вот текст телеграммы Дебабова, присланный в Академию наук СССР: «В 17 часов 10 минут 19 октября (время Чаплино, Чукотка) замечено падение метеорита, был слышен гул продолжительностью несколько секунд. В течение двух-четырех минут был рельефно виден след в северном направлении. В течение 50 минут оставшийся след рассеялся, был виден до 18 часов в виде волнистой длинной полосы — облака. На месте окончания огневой полосы остался яркий огненно-красный шар — круг, исчез в 18 часов 5 минут. Произведена фотосъемка».

Фотографии Дебабова были опубликованы в журнале «Огонек» № 1 за 1944 год и с тех пор неоднократно

воспроизводились в многочисленных работах по метеоритике и метеорной астрономии. В трудное военное время не удалось приложить какие-либо усилия к отысканию предполагаемого метеорита. Так и оставался дебабовский болид красивой иллюстрацией на тему «пылевые следы болидов» в продолжение более чем 30 лет, пока на той же Чукотке, в 17 км от мыса Чаплина не был найден железный метеорит Кифкахсяган.

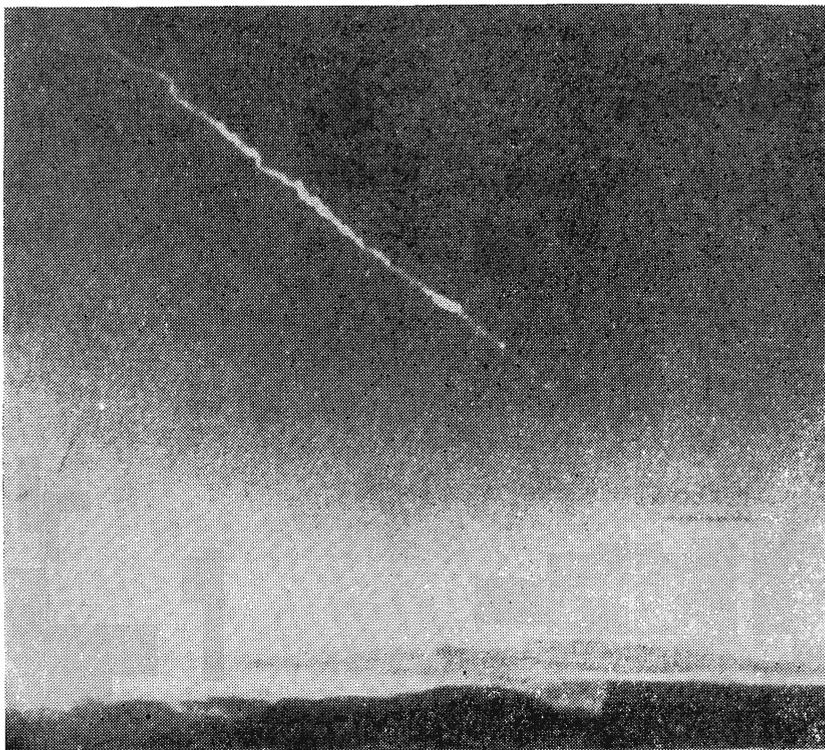
В августе 1972 года геофизик Провиденской геолого-поисковой экспедиции Геннадий Лисин возвращался из маршрута по крутому склону безымянной сопки, покрытому каменистой осыпью. На однообразном зеленовато-сером фоне осыпи его внимание привлек яркий камень бурого цвета. Геофизик попытался сдвинуть его носком сапога и почувствовал, что камень очень тяжел для своих размеров. Он скатил интересный образец вниз, к подошве сопки и затем доставил его на базу геологов. Последующее изучение показало, что это — железный метеорит из класса октаэдриков. Вес его 18,7 кг. По названию близлежащей горы метеорит наименовали трудным чукотским словом Кифкахсяган.

Каждое новое место падения или находки метеорита подлежит обязательному обследованию. Очень часто метеориты дробятся при полете в атмосфере, и по соседству с уже найденным метеоритом можно обнаружить другие фрагменты того же падения. В случае метеорита Кифкахсяган эти обычные соображения усиливались интригующей возможностью отождествить найденный экземпляр с тем самым метеоритом, след кото-

рого сфотографировал Дебабов в 1941 году. Тогда открывалась перспектива построения относительно точной траектории метеорита; а ведь совсем немногие метеориты могут «похвастаться» этим: число инструментальных регистраций метеоритных падений легко счесть по пальцам...

В июле 1974 года мне довелось возглавить небольшую группу из четырех человек, обследовавшую место находки метеорита Кифкахсяган. Обследование было организовано Комитетом по метеоритам АН СССР. В свое время Комитет по метеоритам собрал сведения о дебабовском болиде и после находки метеорита Кифкахсяган у его сотрудников появилась мысль о возможной связи этого метеорита с дебабовским болидом.

Наш путь лежал через морские ворота Чукотки — порт Провиденция, прилепившийся к крутому склону сопки на берегу великолепной бухты. Когда-то, более века назад, бухта эта дала приют и спасение морякам английского судна «Пlover», уже потерявшим всякую надежду после семнадцатидневного шторма в Беринговом море. Они и нарекли бухту ее нынешним названием. Штормы и туманы часты здесь и по сей день. Со всем недавно двигавшиеся в тумане суда оповещались о близкой земле звоном большого колокола. Он висит на перекладине над маленьким печальным кладбищем на мысу, и причудливая славянская вязь по окрестности колокола складывается в удивительные слова: «Благовестуй земле радость велию...». Сколько веры и жизненного оптимизма нужно было иметь, чтобы обратиться со словами радости к этой земле, суровой



и дикой, каменистой и голой, с ее первозданными хребтами, даже в июле отороченными снежниками.

Далее мы двинулись по ухабистой дороге, через перевалы и горные речки, в местечко Горячие Ключи. Два ряда белых палаточных домиков на невысокой речной террасе — лагерь геологов, а пар над искусственным водоемом — горячий радоновый источник. От Горячих Ключей рукой подать и до мыса Чаплина, откуда Дебабов сделал свой знаменитый снимок, и до горы Кифкахсяган, вблизи которой найден метеорит.

Мыс Чаплина — место очень своеобразное. Две узкие песчаные косы выбегают далеко в море и встречаются там под острым углом. Внутри образованного ими огромного треугольника — пресное озеро, принимающее воды двух быстрых речек. Из-за такого расположения горы Чаплинского полуострова видны с мыса только в одном направлении — на западе, юго-западе и северо-западе.

Нам без особого труда удалось разыскать точку съемки Дебабова. На одной из его фотографий видна какая-то странная, раздвоенная наверху стойка. К нашему удивлению, предмет этот сохранился до сих пор: им оказалось... врытое в землю ребро

Освещенный солнцем пылевой след болида, пролетевшего над Чукоткой 19 октября 1941 года. Снимок сделан из Чаплино

Тот же след через несколько минут. Справа видно врытое в землю ребро кита

Фото Д. Дебабова

кита! На безлесой Чукотке кости крупных морских животных раньше использовали как строительный материал.

С найденной таким образом точки съемки мы стали сравнивать видимый контур гор с изображением на дебабовских фотографиях. Сравнение не оставляло никаких сомнений: да, именно над этими горами был виден яркий след болида. И пролетел болид не на севере, как писал Дебабов, а на западе-северо-западе (что, кстати, лишний раз подтверждает низкую точность оценок, сделанных очевидцами болидов). Теперь мы получили возможность измерить дебабовские фотографии и определить азимутальные координаты точек следа. Вообще говоря, этого недостаточно для вычисления траектории болида: требуются его наблюдения по крайней мере еще из одного пункта. Такие наблюдения мы впоследствии разыскали.

И вот позади уже дни напряженных бесплодных поисков метеорита— дни на крутой осыпи, где надо удержаться самому и удержать клюшку миноискателя, где камни «пищат» так, будто они из чистого железа; иногда — знакомый, сердце обрывающий резкий всплеск в наушниках («Вот он!»), и оказывается, что это — охотничий нож, подсунутый на твой участок кем-то из друзей (проверка бдительности!); дни на пустынных каменистых сопках и в зеленых долинках с мелкими тундровыми цветами; идешь, не поднимая головы, а под ногами только камни и цветы, да изредка колышки с какими-то цифрами: до нас здесь прошли геологи.

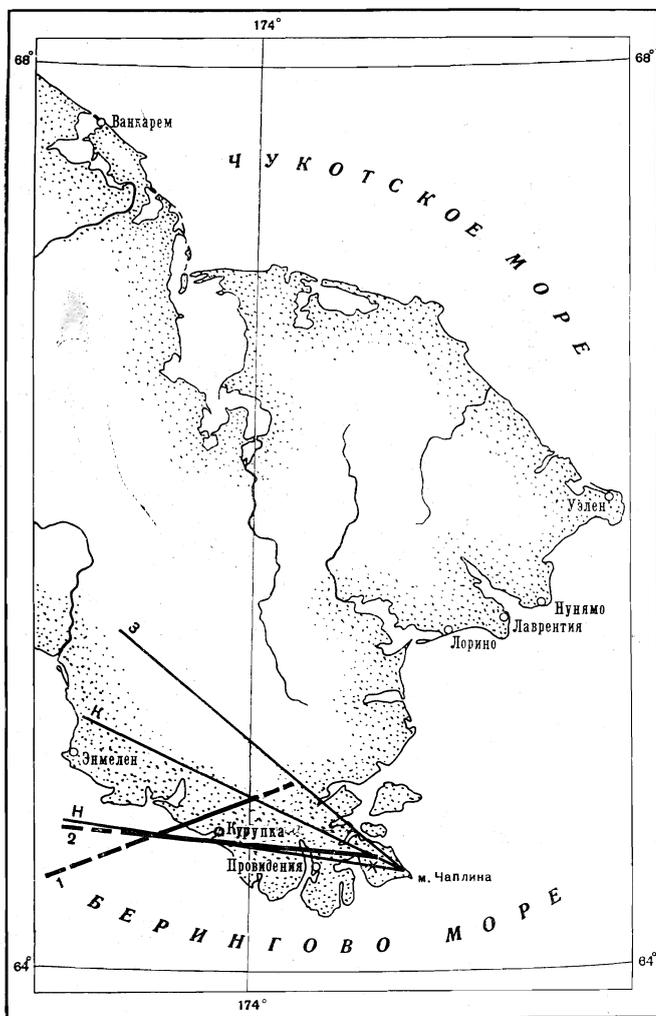
Недели через две, почти потеряв

надежду найти метеорит, мы возвращаемся к дебабовскому болиду. Пока нам известно, что направление к месту находки метеорита Кифкахсяган из пункта съемки Дебабова соответ-

*Сфотографированное Д. Дебабовым ребро кита сохранилось до наших дней. По этому ориентиру удалось установить точку съемки 1941 года*  
Фото В. Халчева

ствует азимуту **начала** пылевого следа. Это стало ясно после сравнения карты района с результатами наших измерений. Если бы сфотографированный Дебабовым след относился к падению метеорита Кифкахсяган, то место находки, казалось бы, должно располагаться ближе к конечной точке следа. Но существует рассеяние метеоритов за счет действия аэроди-





намических факторов, которое может отклонять пути отдельных метеоритных масс от траектории. Как же все-таки прошла траектория болида? Нельзя ли теперь, спустя почти 33 года, найти людей, которые видели полет болида из других мест Чукотки?

Карта Чукотского полуострова. Линия Н соответствует возможным началам пылевого следа болида 1941 года, линия К — концам пылевого следа, линия З — положению земных точек болида. Крестом отмечено место находки метеорита Кифкахсяган. Из двух траекторий болида 1941 года, обозначенных на рисунке цифрами 1 и 2, наиболее вероятен вариант 1. Сплошные участки траекторий отвечают положению пылевого следа

Чтобы выяснить это, отправляемся в поселок Лаврентия, центр Чукотского района, посещаем Лорино и Нунямо. Беседуем со старожилами, большинство из них на наши расспросы качают головами: нет, не помнят они ничего похожего на болид. И в потоке негативной информации — два светлых пятна: болид видели в Нунямо и даже в Ванкареме, удаленном от Чаплинского полуострова почти на 400 км. В Нунямо он двигался почти вертикально, справа налево, довольно высоко на юго-западе. В Ванкареме — в южной части неба тоже справа налево, полого за горизонт. Значит, проекция траектории на земную поверхность проходила где-то между Чаплиным и Нунямо, ближе к последнему. Установлением этих фактов

практически завершилась наша чукотская миссия. Что же прояснила она в судьбе болида 1941 года?

Посмотрим на карту Чукотского полуострова (слева). На ней отмечены в проекции на земную поверхность линия возможных начал пылевого следа (Н), линия возможных концов (К) и геометрическое место земных точек болида (З). Последнее представляет собой линию пересечения плоскости, проходящей через наблюдателя (Чаплино) и видимую траекторию, с земной поверхностью. Область возможного выпадения метеоритов — сектор между линиями К и З. Место находки метеорита Кифкахсяган, отмеченное крестиком, лежит вне этой области. Впрочем, при некотором положении траектории (вариант 2) можно допустить, что метеорит, связанный с болидом 1941 года, попал в эту точку в результате атмосферного рассеяния. Однако при таком допущении получается слишком малой высота конечной точки пылевого следа — порядка 3 км. Даже для такого мощного падения, как Сихотэ-Алинское, эта высота составляла 4,4 км, обычно она еще больше. Если исходить из имеющихся данных о высотах пылевых следов, то более вероятной представляется другая траектория (вариант 1). Она лучше всего согласуется и с показаниями очевидцев. Таким образом, если дебабовский болид завершился падением метеорита, то он должен был выпасть в районе горы Исходной, в 20—30 км к северо-востоку от поселка Курупка. Метеорит Кифкахсяган, по-видимому, не имеет никакого отношения к полету болида 1941 года. О времени его падения ничего сказать нельзя.

## Тунгусский метеорит — не черная дыра

В № 5 «Земли и Вселенной» за 1974 год опубликован ответ аспиранта Физико-технического института А. Г. Полнарёва на вопрос читателя И. Л. Полякина. По мнению И. Л. Полякина, существование в Канаде кратера Чабб диаметром 3,5 км подтверждает гипотезу американских астрофизиков Джексона и Рейна о том, что Тунгусская катастрофа 1908 года могла быть вызвана столкновением Земли с черной дырой.

В своем ответе А. Г. Полнарёв приходит к выводу, что «пока никто не может с уверенностью сказать, явилась ли черная дыра причиной Тунгусской катастрофы, или нет». Он также пишет, что при выходе черной дыры из Земли «возникновение кратера диаметром 3,5 км... маловероятно, хотя полностью исключить такую возможность нельзя». Таким образом, И. Л. Полякин, не получив окончательного ответа на свой вопрос, тем не менее не встретил возражений против своего предположения, высказанного в письме.

Очевидно, чтобы судить о состоятельности гипотезы Джексона и Рейна, необходимо, кроме рассмотрения принципиальной возможности существования черных дыр малой массы (что вкратце сделано А. Г. Полнарёвым), сопоставить явления, которые должна была произвести черная дыра при движении в атмосфере и столкновении с Землей, с фактически данными о Тунгусской катастрофе. К сожалению, А. Г. Полнарёв из всех опубликованных данных сослался лишь на значение энергии Тунгусского взрыва и на одно сообщение о наблюдении очевидцами Тунгусского падения «яркой голубой трубки», ко-

торая, по его мнению, «вполне могла быть ударной волной, ...раскинувшей за невидимой черной дырой». Однако указанное сообщение, которое, по-видимому, было им почерпнуто из статьи авторов гипотезы, опубликованной в журнале «Nature», недостаточно полно и точно.

В книге Е. Л. Кринова «Тунгусский метеорит» (Изд-во АН СССР, 1949 г.) приведены сведения о тридцати наблюдениях очевидцев, из них 25 свидетельствуют о полете «огненного шара», часто вытянутого в виде «копья», «столба», «полосы» и т. д. Это — типичное описание болида, образованного раскаленными газами вокруг метеороидного тела, которое движется с космической скоростью в земной атмосфере. Вместе с тем, данный факт не согласуется с выводами авторов гипотезы, которые полагают, что при движении черной дыры должно было наблюдаться темное свечение ударной волны.

Далее, кильватерная ударная волна за черной дырой, о которой пишут Джексон и Рейн, имеет коническую (либо цилиндрическую) форму. Как следует из опубликованных результатов модельных опытов и теоретических расчетов, вывал леса в районе Тунгусской катастрофы объясняется взаимодействием сферической и цилиндрической ударных волн. Таким образом, и в этом случае мы имеем противоречие между гипотезой американских астрофизиков и фактами.

Наконец, черная дыра при движении в земной атмосфере не могла терять свою массу, в то время как Тунгусское падение сопровождалось распылением в земной атмосфере большого количества вещества. Это под-

тверждается помутнением в тот период земной атмосферы, появлением светлых ночей, а также находками в почве в районе Тунгусского падения мелкодисперсного вещества, выпавшего в 1908 году.

В итоге гипотезу Джексона и Рейна приходится считать несостоятельной, так как она противоречит известным фактам. В связи с этим, очевидно, нецелесообразно далее рассматривать явления, ожидаемые при выходе гипотетической черной дыры из Земли. Но поскольку И. Л. Полякин задает вопрос о кратере Чабб, как о возможном месте выхода «тунгусской» черной дыры на земную поверхность, мы должны огорчить его сообщением, что кратер Чабб, по результатам геологических исследований, образовался еще до ледникового периода и никакого отношения к падению Тунгусского метеорита 30 июня 1908 года иметь не может.

Кандидат физико-математических наук  
А. А. ЯВНЕЛЬ



АСТРОНОМИЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

М. Л. ДИВИНСКИЙ

## Итоги олимпиады в Киеве и астрономическое образование

Уже пять городских астрономических олимпиад организовал Киевский Дворец пионеров и школьников. Обычно в них участвуют свыше 100 учеников 7—10 классов, причем среди участников бывают и шестиклассники. Как правило, 9 классы представлены немногочисленно.

Вопросы, предлагавшиеся участникам пятой олимпиады раздельно для 9, 10 и совместно для 7 и 8 классов, составлены так, что, охватывая различные разделы астрономии, требуют творческого подхода, умения логически мыслить, дают возможность ребятам проявить свои знания.

Естественно, астрономическая подготовка школьников весьма различна. Однако общий уровень подготовки высоким назвать нельзя. Большинство ответов десятиклассников лишь удовлетворительное, а часто и неудовлетворительное. Очень слабо представляют они сущность методов астрофизики и становятся совсем беспомощными, когда необходимо проявить простейшие практические навыки. Задача по разделу сферической астрономии оказалась для многих десятиклассников непосильной, хотя для ее решения не требовалось по сути дела никаких знаний, выходящих за пределы школьной программы. В одной из задач десятиклассники должны были определить широту места наблюдения по высоте Солнца в нижней кульминации (склонение Солнца известно). Эту задачу большинство ребят решить не смогли. Можно ошибиться, неправильно решить ту или иную задачу. Но когда, получив для географической широты места наблюдения значение, превышающее  $90^\circ$ , многие участники

олимпиады, не смутившись, считают ответ верным,—это вызывает тревогу.

С серьезными затруднениями столкнулись ребята при решении астрофизической задачи, в которой нужно было по известной разности звездных величин найти соотношение светимостей двух звезд, а также применить формулу, определяющую светимость звезды через радиус. Несколько лучше справились участники олимпиады с задачей на применение третьего закона Кеплера. Но совершенно неудовлетворительными были ответы старшеклассников на вопрос, требовавший понимания особенностей фотографического метода наблюдений точечных и протяженных объектов в инструменты с различной светосилой.

Причина слабых ответов и низкого уровня знаний у старшеклассников по основным разделам астрономии кроется, по-видимому, в существующем подходе к астрономическому образованию, больших упущениях в этой области. Интерес к астрономии проявляется у ребят очень рано. Это не просто любознательность школьников, а закономерный процесс, обусловленный современным уровнем развития науки, культуры, тем значением, которое приобретают астрономические знания на этапе, когда человек активно осваивает космическое пространство. Оставаться в стороне школьник не хочет, но получить необходимые знания в школе он пока еще не может. Проведенная олимпиада ясно показала, что многие учащиеся 7—8 классов проявляют огромное желание изучать астрономию, решать астрономические задачи. Боль-

шинство из них очень хорошо справились с задачей, требовавшей простейших знаний из курса сферической астрономии (в отличие от десятиклассников!). Они понимают назначение астрономических инструментов, имеют правильное представление о видимом движении светил. Участники олимпиады этой группы, в том числе и шестиклассники, порадовали интересными ответами и своей неуемной фантазией, которая, однако, нередко лишь заполняла пробел в школьном обучении.

Хороших результатов добились на олимпиаде ребята, занимающиеся в астрономических кружках Киевского Дворца пионеров и школьников. Их ответы содержательнее, интереснее, они умеют логически мыслить и пользоваться приобретенными знаниями. Эти же ребята отлично справились с задачами астрофизического содержания, со знанием дела отвечали на вопросы из других разделов астрономии.

Большое внимание уделяется астрономии в Суворовском военном училище Киева. И не случайно, его воспитанники — участники олимпиады — были среди призеров. Ответы суворовцев отличались четкостью, пониманием сути вопросов. Особенно хорошо выполнили они задачу на определение параметров звезд. Однако задача о фотографическом методе с использованием инструментов различной светосилы оказалась и для них сложной. Лучшие ответы на нее дали старшие кружковцы Дворца пионеров. Они провели подробный и последовательный анализ, что свидетельствует о серьезной теоретической подготовке и хороших практических



АСТРОНОМИ-  
ЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

навыках ребят, посещающих астрономические кружки. Среди них были в основном десятиклассники. Девятиклассникам жюри решило не присуждать первое и второе места, так как ответы их оказались особенно слабыми. В чем же причина? Не в том ли, что девятиклассники, еще не приступив к изучению астрономии в школе, уже перестали интересоваться ею?..

Успешное участие в олимпиаде членов астрономических кружков вполне естественно. В кружках изучается обширный теоретический материал, выполняются лабораторно-практические работы, проводятся визуальные и фотографические наблюдения. В деятельности кружков немало достижений, есть, конечно, и свои трудности. Но ясно одно: приобщение школьников к астрономической науке уже с 5—6 классов приносит огромную пользу — вооружает знаниями, расширяет кругозор, прививает необходимые практические навыки. Эти ребята с удовольствием участвуют в работе кружков и городских научных конференций школьников.

Однако в астрономическом образовании нельзя делать основную ставку на внешкольную работу, в частности, — на кружки. В них все-таки занимается очень немного ребят. Основная масса выпускников средней школы имеет неудовлетворительную астрономическую подготовку, что серьезно сказывается в дальнейшем, особенно во время обучения в университетах или педагогических институтах.

Жизнь настоятельно диктует необходимость серьезно подумать о том, чтобы первые астрономические сведения, которые учащиеся получают в

начале изучения школьной программы, служили основой для дальнейшего обучения астрономии в старших классах. Начальным курсом могут быть, например, «Основы мироведения», где круг рассматриваемых вопросов был бы полезен и с точки зрения учителей физики, математики, географии, истории. Нужно постепенно знакомить школьников с различными аспектами астрономической науки, прививать интерес к астрономии и наблюдениям звездного неба. В выпускном же классе основное внимание следует уделять астрофизике, дать ребятам необходимые представления о физике небесных тел и о методах исследования Вселенной.

Недостатки и упущения школьного астрономического образования неоднократно обсуждались на страницах печати. Высказано немало полезных предложений для их исправления. Интересно предложение Е. П. Левитана об изучении астрономии во втором полугодии выпускного класса («Земля и Вселенная», № 1, 1968 г., стр. 80—84). В первом же полугодии школьники изучали бы в большом объеме курс физики, что явится хорошим фундаментом для усвоения астрономии (по два часа в неделю), и параллельно повторяют курс физики. Но (учитывая реальное положение вещей) не приведет ли это к тому, что изучение астрономии в еще большей степени (ближе выпускные экзамены!) будет заменяться повторением курса физики, если астрономию преподает физик? Поэтому представляется целесообразным ввести в выпускном классе средней школы экзамен по астрономии, что резко повысит ответственность преподавателей и

учащихся. Думаю, что от этого выиграют все и, прежде всего, выпускники.

Многое еще предстоит сделать в области методики преподавания (а в дальнейшем и теории обучения), содержания, структуре курса астрономии. На наш взгляд необходимо:

больше внимания уделять первым астрономическим знаниям и навыкам, которые учащиеся должны получать в начальной школе;

теснее связывать с астрономией курсы физики, математики, географии и истории 5—10 классов;

начальный курс астрономии следует включить в учебные планы 8 классов;

в завершающем курсе астрономии (10 класс) больше обращать внимания на вопросы астрофизики, современные методы исследования, прививать учащимся необходимые практические навыки, особенно серьезно продумать изложение элементов космогонии и космологии, учитывая их важность в формировании диалектико-материалистического мировоззрения;

вести экзамен по астрономии в выпускном классе средней школы или (в крайнем случае!) включить ряд вопросов по астрономии в экзаменационные билеты по физике.



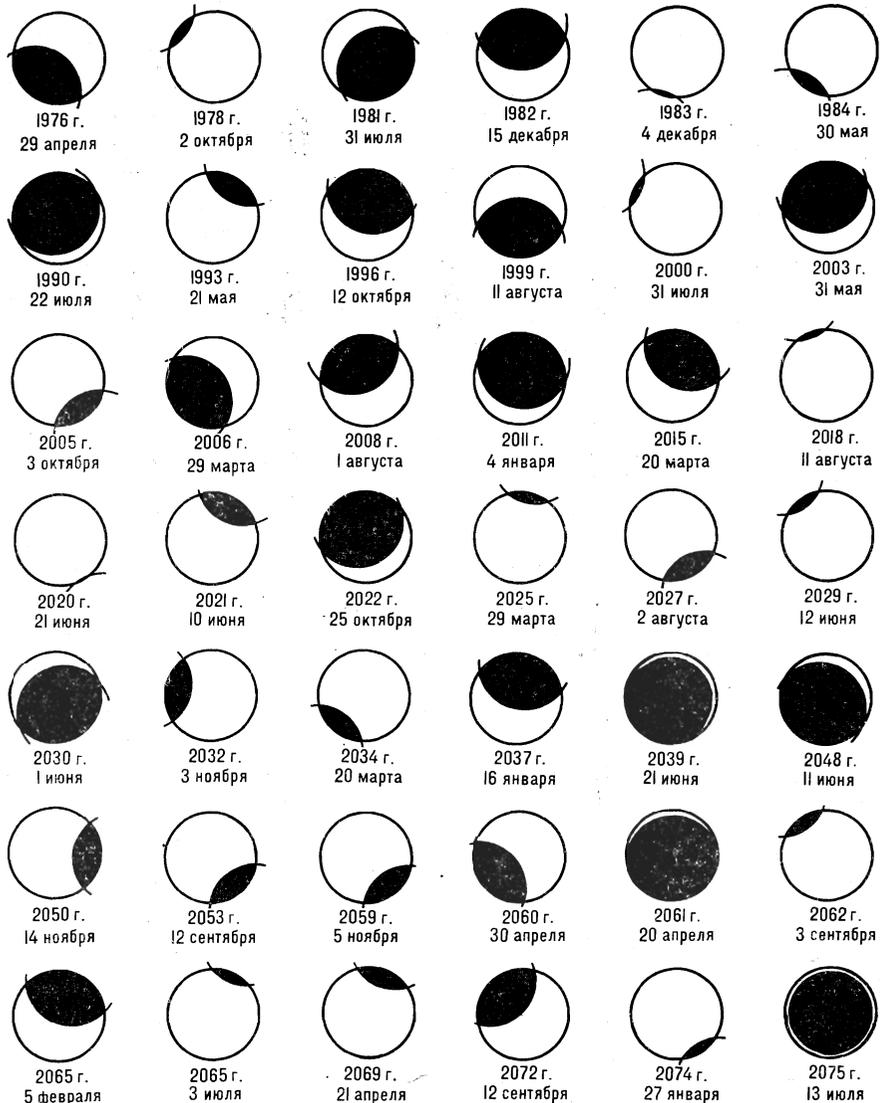
ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ

## Солнечные затмения в Москве

Солнечные затмения принадлежат к относительно редким явлениям природы. Они повторяются через 0,49 года, или 177,2 суток. Затмение происходит, если новолуние наступает недалеко от узла лунной орбиты. Чаше всего это случается 2 раза в год. Реже бывает три затмения: в самом начале года, летом и в конце года. На протяжении 18 лет может быть 12 случаев, когда вместо одного затмения (около узла) происходят два частных затмения (по обе стороны от узла) с интервалом в одну лунацию — 29,5 суток.

Каждое солнечное затмение видимо на ограниченной территории земного шара. Поэтому в отдельных пунктах затмения повторяются еще реже. Так, в Москве в XVIII столетии могло наблюдаться 43 частных солнечных затмения, в XIX веке — 40, в XX — 38, в XXI их будет 40.

Значительно реже случаются полные солнечные затмения, при которых весь диск Солнца закрыт Луной, и кольцеобразные, когда видимый диаметр Луны меньше солнечного и Луна вся помещается на диске Солнца, оставляя свободным лишь узкое светлое кольцо. Последнее полное



■  
Наибольшая фаза солнечных затмений, видимых в Москве с 1976 по 2075 год

Солнечные затмения, видимые в Москве

Год и дата	Затмения по москов. времени			Величина наиб. фазы	Углы от зенита			Вид затмения для Земли
	Начало	Наиб. фаза	Конец		Начало	Наиб. фаза	Конец	
1976 29. IV	12 <sup>ч</sup> 47 <sup>м</sup>	14 <sup>ч</sup> 12 <sup>м</sup>	15 <sup>ч</sup> 29 <sup>м</sup>	0,52	225°	144°	77°	кольц.
1978 2. X	7 41	8 09	8 36	0,07	32	52	72	частное
1981 31. VII	4 45	5 38	6 32	0,72	286	215	145	полное
1982 15. XII	10 47	12 16	13 47	0,71	311	12	71	частное
1983 4. XII	15 48	(16 01)	—	(0,01)	174	(164)	—	кольц.
1984 30. V	20 24	20 53	—	0,14	173	145	—	кольц.
1990 22. VII	—	4 43	5 36	0,85	—	41	125	полное
1993 21. V	17 56	18 38	19 17	0,24	282	324	6	частное
1996 12. X	16 26	17 35	—	0,69	273	340	—	частное
1999 11. VIII	12 58	14 09	15 19	0,65	261	180	100	полное
2000 31. VII	—	(4 32)	4 40	(0,09)	—	(64)	74	частное
2003 31. V	5 28	6 28	7 33	0,80	292	15	95	кольц.
2005 3. X	11 50	12 40	13 31	0,18	260	215	171	кольц.
2006 29. III	13 10	14 16	15 19	0,64	205	126	53	полное
2008 1. VIII	12 03	13 11	14 18	0,60	328	19	73	полное
2011 4. I	10 38	12 01	13 29	0,84	283	352	60	частное
2015 20. III	12 15	13 21	14 27	0,64	270	327	26	полное
2018 11. VIII	12 21	12 36	12 51	0,02	9	19	29	частное
2020 21. VI	8 55	9 05	9 14	0,01	211	203	195	кольц.
2021 10. VI	13 18	14 24	15 28	0,28	293	324	4	кольц.
2022 25. X	12 20	13 39	14 53	0,85	306	19	90	частное
2025 29. III	14 18	14 48	15 20	0,10	282	304	328	частное
2026 12. VIII	20 01	(20 16)	—	(0,30)	254	(251)	—	полное
2027 2. VIII	11 57	12 39	13 20	0,19	253	207	162	полное
2029 12. VI	5 39	5 51	6 05	0,03	20	32	44	частное
2030 1. VI	7 23	8 36	9 58	0,79	287	208	120	кольц.
2032 3. XI	—	(7 40)	8 10	(0,24)	—	(78)	96	частное
2034 20. III	13 25	14 11	14 52	0,21	186	141	100	полное
2037 16. I	11 39	13 08	14 32	0,63	290	345	42	частное
2039 21. VI	20 17	21 08	—	0,93	237	152	—	кольц.
2048 11. VI	15 37	16 54	18 05	0,89	240	151	66	кольц.
2050 14. XI	16 01	(16 25)	—	(0,28)	262	(266)	—	частное
2053 12. IX	11 05	11 53	12 43	0,24	257	210	160	полное
2059 5. XI	10 28	11 22	12 19	0,22	252	207	159	кольц.
2060 30. IV	12 58	14 00	14 58	0,49	202	130	67	полное
2061 20. IV	—	5 44	6 37	0,94	—	5	100	полное
2062 3. IX	10 26	11 04	11 44	0,16	24	50	76	частное
2065 5. II	12 24	13 40	14 55	0,62	265	349	18	частное
2065 3. VII	20 36	21 04	—	0,14	318	351	—	частное
2069 21. IV	13 06	13 43	14 23	0,19	299	330	358	частное
2072 12. IX	10 13	11 45	12 17	0,52	345	37	87	полное
2074 27. I	8 37	9 06	9 35	0,06	226	200	174	кольц.
2075 13. VII	6 47	7 56	9 14	кольц.	301	—	124	кольц.

солнечное затмение наблюдалось в Москве 25 февраля 1476 года. После него лишь 19 августа 1887 года тень Луны задела своим краем северные пригороды Москвы. Ближайшее полное солнечное затмение москвичи увидят 16 октября 2126 года, и затем полных солнечных затмений в Москве не будет по меньшей мере до 4 мая 2972 года, когда полоса пройдет опять в зоне нашей столицы. Последнее кольцеобразное солнечное затмение происходило в Москве ранним утром 26 апреля 1827 года, а ближай-

шие ожидаются 13 июля 2075 года и 10 февраля 2195 года.

В таблице приведены условия видимости солнечных затмений в Москве на 100 лет вперед. Предварительные моменты вычислены с точностью 1—2 минуты, величина наибольшей фазы — с точностью 0,01—0,02 солнечного диаметра. Черточки означают, что затмение происходит под горизонтом. В этих случаях величина наибольшей фазы дается в момент восхода или захода Солнца.

В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ

НОВЫЕ КНИГИ

МЕХАНИКА КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Вышло в свет второе издание (дополненное и переработанное) книги В. И. Левантовского «Механика космического полета в элементарном изложении» (издательство «Наука», 1974 г.). В книге рассматривается теория движения спутников, автоматических станций, космических кораблей и кратко излагаются научные результаты исследования небесных тел методами космонавтики.

Книга состоит из следующих пяти частей: «Основы ракето- и космодинамики», «Околоземные полеты», «Полеты к Луне», «Межпланетные полеты» и «Полеты за пределы Солнечной системы».

Автор не злоупотребляет математическими выкладками, «памятуя о том, что часто за деревьями вычислений бывает трудно увидеть лес идей». В этом как раз и заключается цель книги — помочь читателям «научиться понимать идеи, которыми руководствуются ученые при проектировании космических траекторий, оценивать сравнительные трудности осуществления тех или иных операций и, если понадобится, ...самостоятельно подсчитать, допустим, начальную массу космического корабля, который нужно смонтировать на околоземной орбите, чтобы осуществить экспедицию на ту или иную планету».

КНИГА О КАЛЕНДАРЕ

Каким календарем пользовались наши предки? Что представляет собой современный календарь (его достоинства по сравнению с предыдущим и присущие ему недостатки)? Как обстоит дело с проблемой реформы календаря? — Таковы основные вопросы, которым посвящена небольшая книга Н. В. Володинона «Календарь: прошлое, настоящее, будущее» («Наука», 1974).

В книге шесть глав: «Лунные и лунно-солнечные календари», «Солнечные календари. Юлианский и григорианский календарь», «Обзорный календарь» (это серия таблиц, с помощью которых, по мнению автора книги, проще, чем по всякого рода «вечным календарям», определить для любого года день недели по известной дате), «Накануне новой реформы», «Проект-минимум постоянного всемирного календаря» (предложенный автором книги в 1967 году), «Дальнейшие перспективы» (краткое рассмотрение ряда проектов реформы календаря, из которых, впрочем, ни один пока не получил всеобщего признания...).



КНИГИ  
О ЗЕМЛЕ  
И НЕБЕ

## «Планеты для людей»

Проблема жизни во Вселенной очень сложна, и чтобы ее разрешить, необходимо привлечь разнообразные отрасли современного знания. По своей сути она все еще остается во многом философски-мировоззренческой, хотя и породила широкий круг естественнонаучных задач.

Повсеместный интерес к тому, что может ответить наука на вопрос, существует ли жизнь вне Земли, вызывается не только общечеловеческим познавательным любопытством. Эта тема открывает большие возможности для работы творческой научной фантазии, а отсутствие окончательных выводов позволяет выдвигать все новые и новые рабочие гипотезы. Борьба мнений, многочисленность конкурирующих гипотез придают проблеме особый колорит, и, без сомнения, читатель с удовольствием встретится с книгой С. Доула «Планеты для людей»\*, познакомится с еще одной страницей этой молодой, развивающейся области знания.

В книге содержится сравнительно полный обзор современных астрономических данных, имеющих отношение к расчету возможного числа «зон жизни» во Вселенной. Несмотря на то, что в специальной и популярной литературе были отдельные публикации на эту тему, столь полных обзоров еще не появлялось.

Автор подробно рассматривает диапазон изменения основных физических параметров, определяющих су-



ществование жизни,— температуры, давления, светового излучения, тяготения и др. Обсуждается необходимый химический состав «жизнеподдерживающих» сред, роль воды и пр. Изложение простое, лаконичное и удачно иллюстрируется графиками и таблицами. Некоторое недоумение вызывает пренебрежительное отношение автора к такому важному фактору, как уровень жесткой радиации, в частности, в книге ни слова не говорится о «защитающем» действии некоторых слоев атмосферы, например слоя озона на Земле.

Определив «диапазоны жизни», Доул формулирует астрономические требования к планетам, которые мо-

гут быть носителями жизни. Эта часть книги весьма солидна и может представить интерес даже для специалиста. Приведены, например, необходимые параметры орбит планетных тел в зависимости от характеристик центральных звезд, соотношения между параметрами спутников, обсуждаются системы кратных звезд и т. п. В этой части книги собран ценный и обширный справочный материал. Затем автор, приняв гипотезу, что на любом объекте с подходящими условиями зарождается жизнь, подробно рассчитывает вероятность числа планет, на которых могли возникнуть какие-либо формы жизни. По его мнению, в нашей Галактике число таких планет может достигать 700 млн., а среднее расстояние между ними равно примерно 24 световым годам.

Более «литературный» характер носят заключительные главы книги. В седьмой главе обсуждается проблема возможной колонизации человечеством планет с подходящими условиями. В восьмой главе живо и интересно рассмотрена с научных позиций «научно-фантастическая проблема»: как могут выглядеть живые существа, формы жизни на планетах с различными массами, различными уровнями светового излучения от центральной звезды, различными характеристиками спутников планет.

В книге «Планеты для людей» автор формулирует проблему, как вопрос: сколько в окружающей нас части Вселенной планетоподобных объектов, на которых мог бы существовать человек. Такая постановка несколько отличается от традиционной, когда оценивается число возможных объектов во Вселенной, где могла бы возник-

\* С. Доул. Планеты для людей. М., «Мир», 1974 г. Перевод с английского И. С. Щербиной-Самойловой под редакцией С. А. Каплана.

нать жизнь. На первый взгляд идея Доула кажется более привлекательной. Не надо обсуждать сложную и нерешенную проблему: как наличие благоприятного комплекса физико-химических условий связано с вероятностью появления жизни. Однако в действительности удержаться на такой позиции не удастся. Ведь для «выживания» высокоорганизованных форм жизни недостаточно «чистых» физических характеристик среды на каком-либо небесном теле. По-видимому, необходима целостная самоорганизованная система — биосфера. Например, как отмечает сам Доул, появление свободного кислорода в атмосфере тесно связано с деятельностью самой биосферы.

В определенный момент автор вынужден отказаться от декларированной постановки задачи и в конце пятой главы (стр. 136—137) вернуться к испытанной трактовке, высказывая суждение о вероятности существования не «планет для людей», а планет с эволюционирующей жизнью. Эта неизбежная методическая неудача несколько не снижает достоинств книги.

Как уже отмечалось, комплексная проблема жизни во Вселенной далека от окончательных, категорических решений и рецептов для получения этих решений. Поэтому читатель найдет в книге Доула много гипотетических предположений разной степени аргументированности и обоснованности. И неслучайно, в послесловии редактор издания вступает в дискуссию с автором, выдвигая определенные аргументы против некоторых высказанных концепций. Любопытно, однако, что эти контраргументы, в свою очередь, обосновываются на весьма гипотетических и зачастую не менее сложных предположениях. Поэтому рецензент не может согласиться с иногда чрезмерной категоричностью выводов редакторского послесловия.

Удачный перевод сохранил популярность, доходчивость и живость изложения оригинала. В этом литературном контексте легко смотрится действительно большая числовой и графический материал.

**Кандидат физико-математических наук  
Б. Н. ПАНОВКИН**

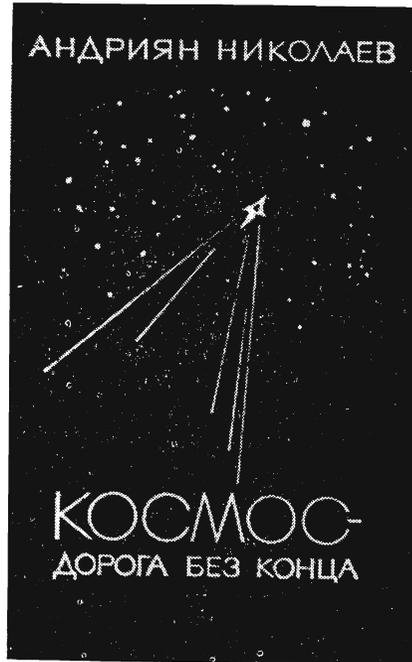
## Книга о профессии космонавта

Мы расскажем о книге дважды Героя Советского Союза летчика-космонавта СССР генерал-майора авиации А. Г. Николаева «Космос — дорога без конца», прекрасно изданной «Молодой гвардией» в 1974 году.

Автор книги космонавт № 3, который успешно прошел все этапы подготовки к первому космическому рейсу и лично провожал в звездный путь первого космонавта планеты Ю. А. Гагарина. А. Г. Николаеву принадлежат два выдающихся космических рекорда — четырехсуточное пребывание в космосе на корабле «Восток-3» в августе 1962 года, когда он совершил первый в мире групповой полет с П. Р. Поповичем, и невиданный в то время по продолжительности восемнадцатисуточный космический полет на корабле «Союз-9» в июне 1971 года, который он совершил вместе с В. И. Севастьяновым.

По собственному признанию, А. Г. Николаев не писатель и не журналист. И о космосе написано так много, что очень трудно сказать что-либо новое. Но несмотря на это, А. Г. Николаев создал оригинальную книгу, свежо напомнил о событиях, ставших историей, по-новому осветил многие факты, значительно расширил представление о предметах, вроде бы давно известных. В этом сказалась творческая индивидуальность автора, который прославился как «самый невозмутимый человек планеты». Спокойствие характера целиком передалось и спокойному повествовательному тону, свойственному этой книге.

Книга А. Г. Николаева может быть расценена, как труд, выполненный с большим знанием дела, на основе пережитого и прочувствованного, где



искренность и деловой тон звучат ярко и убедительно. Язык книги лаконичен. Даже диалоги, которых немало, звучат, как документальный разговор, записанный на магнитофонной ленте. Именно этим достигается живое ощущение событий. Каждый такой диалог воспринимается как яркая художественная иллюстрация.

В книге три главы. Первая — о подготовке космонавтов. Вторая посвящена полету космического корабля «Союз-9». Третья содержит итоги экспериментов, рассказывает о волнующих встречах на Земле, показывает перспективы космонавтики, дает краткую характеристику профессии космонавта.

Большое место в книге уделено работе на космическом корабле «Союз-9». Тепло автор рассказывает о В. И. Севастьянове, разделившем с ним все трудности восемнадцатисуточного полета и последующего периода реадaptации. Привлекает внимание подробное описание важнейших из 50 экспериментов «Союза-9», имеющих огромное значение для народного хозяйства. Среди них — метеорологические наблюдения, геофизические исследования, медико-биологические пробы. Космонавты наблюдали циклоны и грозы, фиксировали геоморфологические особенности различных районов земного шара, отмечали очаги лесных пожаров, изучали оптические свойства атмосферы, регистрировали полярные сияния, фотографировали Землю. Большое научное значение имели исследования ультрафиолетовой области спектра Солнца, регистрации потоков рентгеновских и других лучей.

Представляет интерес и описание быта на космическом корабле. В короткие минуты отдыха они даже провели шахматный матч с Землей, где противниками А. Г. Николаева и В. И. Севастьянова были Н. П. Каманин и В. В. Горбатко. Этот первый в истории космический матч закончился вничью.

Завершив полет, космонавты не собирались отдыхать. Уже в том же 1971 году А. Г. Николаев и В. И. Севастьянов побывали в космическом центре США, где познакомились с орбитальной лабораторией «Скайлэб», тренировались на лунном вездеходе и вместе с астронавтами Расселом Л. Швейкартом и Полем Л. Вейтцем испытывали невесомость на тренажере в гидроневесомости, выступили с докладами на заседании американского Института аэронавтики и астронавтики.

Книга читается с увлечением. В ней много обобщений, глубоких раздумий о пользе науки, о благе и судьбах людей, живущих на планете Земля. И этим книга волнует читателя. Но главное в ней, конечно, то, что она знакомит читателей со сложной и трудной профессией космонавта.

**Б. А. МАКСИМАЧЕВ**

## Новое в космонавтике и астрономии

Космонавтика и астрономия за последнее время внесли существенный вклад в изучение физики Солнечной системы и Вселенной в целом. Многие из последних достижений освещаются в серии брошюр «Космонавтика, астрономия», выпущенной обществом «Знание» в 1974 году. Авторы этих брошюр — ведущие специалисты, активно работающие в соответствующих областях космонавтики и астрономии.

В брошюрах 1974 года рассказывается о космических лучах (Г. Б. Жданов), кометной астрономии (С. К. Всехсвятский), радиоинтерферометрии (Л. И. Матвеев), о роли космонавтов в системе космической навигации (Е. В. Хрунов, Н. Ф. Романтеев), о механике полета космических аппаратов в Солнечной системе (В. И. Левантовский), перспективах современных телескопов в астрономических исследованиях (П. В. Щеглов), о значении активных экспериментов в изучении плазменных процессов в магнитосфере Земли (И. М. Подгорный), о магнетизме планет (Ш. Ш. Долгинов), об излучении межзвездных молекул (В. С. Стрельницкий) и двойных внегалактических радиосточников (В. Н. Курильчик). Были также выпущены две брошюры «Космонавтика: состояние и перспективы» и «Современные проблемы астрофизики», представляющие собой сборники статей.

Мы остановимся на некоторых из брошюр, которые, на наш взгляд, являются наиболее удачными с точки зрения их научной значимости и искусства популяризации достижений науки.

Полеты к планетам Солнечной системы — один из важнейших аспектов



космонавтики в последнее время. В популярной литературе механика таких полетов освещена очень мало, особенно если учитывать специфические условия достижения далеких планет. В брошюре **В. И. Левантовского «Механика полета к далеким планетам»** изложены необходимые сведения из небесной механики и ракетодинамики, рассказывается о выборе траекторий полета к Юпитеру и о наиболее благоприятных условиях полетов к Юпитеру и другим далеким планетам. Особый интерес в брошюре представляет раздел, посвященный гравитационным маневрам в космосе, позволяющим за счет гравитационного поля планеты целенаправленно из-

менять траекторию полета космического аппарата. Интересно подобраны материалы о различных современных проектах полетов к далеким планетам. Брошюра написана живо, увлекательно и строго научно.

Проблема магнетизма планет — одна из фундаментальных в современной планетофизике, особенно это относится к проблеме происхождения магнетизма и его роли в формировании планет.

В брошюре **Ш. Ш. Долгинова «Магнетизм планет»** рассмотрены классические проблемы геомагнетизма: вековой ход магнитного поля, палеомагнетизм, поле на поверхности Земли. Космические аппараты впервые позволили осуществить ряд прямых измерений магнитного поля в межпланетном пространстве и вблизи небесных тел Солнечной системы. В эти исследования автор брошюры внес большой личный вклад. В брошюре последовательно рассмотрены вопросы изучения магнитных полей Луны, Венеры, Марса, Меркурия и Юпитера. Несмотря на то, что многие из полученных результатов еще нельзя интерпретировать однозначно и ясно представить картину происхождения магнетизма планет, автор, тем не менее, высказывает ряд интересных общих соображений на природу генерации магнитных полей планет. В этой связи подробно (но в качестве возможной гипотезы) рассматривается эффективность прецессионного механизма в генерации магнитного поля. Автор подчеркивает, что магнитные поля Луны и планет — это информация, записанная самой природой. Расшифровка этой информации в комплексе с информацией о других физи-



ческих полях Луны и планет — важнейшая задача геофизики и планетологии. Брошюра, на наш взгляд, оказалась одной из наиболее удачных в серии. Мы имеем в виду форму изложения, подбор материала и строгую

научность интерпретации экспериментальных данных.

Для изучения плазменных процессов в магнитосфере Земли в настоящее время осуществлен ряд принципиально новых экспериментов. Речь идет об активном воздействии на космическую плазму, то есть об инъекции в космическую среду различных агентов типа бариевых облаков или пучков заряженных частиц. Такие эксперименты уже проведены в ФРГ, США и СССР. Последний из подобных экспериментов проходил в рамках франко-советского сотрудничества на острове Кергелен в январе — феврале 1975 года. С другой стороны, многие плазменные процессы удастся изучить в модельных лабораторных экспериментах. Все эти вопросы ярко и убедительно рассказаны в брошюре **И. М. Подгорного «Активные эксперименты в космосе»**.

Спектроскопия молекул — очень сложная область астрофизики, и популярное описание ее идей и новейших достижений — довольно трудная задача. В брошюре **В. С. Стрельницкого «Межзвездные молекулы»** изложены основные представления о межзвездных молекулах, их энергетических уровнях и переходах, механизмах образования и разрушения и ряд других важных вопросов. Брошюра написана с большим пониманием и настолько хорошо отражает содержание предмета, что может представить определенный интерес и для специалистов-астрофизиков. Читается она легко и с интересом.

**Доктор физико-математических наук  
Г. А. СКУРИДИН**



## ОТКРЫТИЕ КРУПНОГО ТЕЧЕНИЯ В ТИХОМ ОКЕАНЕ

В июне 1974 года завершились десятидневные работы по программе «Геохимические исследования районов океана». Они проходили в Тихом океане на борту американского экспедиционного судна «Мелвилл».

Исследования приняли весьма широкий размах; в них участвовали специалисты пятнадцати научных учреждений США и различных институтов шести других стран. Аналогичные работы проводились в 1973 году с другого судна в Атлантическом океане.

Экспедиция обнаружила, что холодные воды антарктического происхождения, текущие в придонном слое Тихого океана, попадают сюда не в результате резкого, но кратковременного импульса, как это полагали до сих пор, а вливаются постоянно массивным и широким потоком, представляющим собой одно из крупнейших течений в этом океане.

Раньше считали, что антарктические воды, идущие на север узким пограничным потоком, — это «язык», отрывающийся от Циркумполярного течения, опоясывающего всю Антарктиду, и что движутся они лишь вдоль западной окраины тихоокеанского бассейна.

Теперь же установлено, что холодные южнополярные воды представляют собой поток шириной до 1200 миль. Скорость его движения на север очень мала. Перемещение от берегов Антарктиды до центральных районов Тихого океана, где эти воды начинают рассеиваться, может продолжаться еще около 1 тыс. лет. Оказывается, этот глубинный охлажденный слой воздействует на всю водную массу, а следовательно, и на пограничный слой атмосферы, вызывая немаловажные метеорологические эффекты. Он также образует фронт, местонахождение которого в значительной мере контролирует процес-

сы перемешивания водных масс различного происхождения, отличающихся химическим составом, содержанием растворенных газов, элементов загрязнения, ядерных осадков и питательных веществ для морских организмов. Все это говорит о большой важности сделанного открытия не только для теоретических разделов науки об океане, но и для практической деятельности человека.

В 1975 году аналогичные исследования по этой программе будут продолжены в Индийском океане.

«Science News», 105, 25, 1974.

## ИНТЕНСИВНОСТЬ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПРОШЛОМ

В отличие от сведений, касающихся инверсий палеомагнитного поля Земли, данные об его интенсивности весьма скудны и неточны. Важным шагом в преодолении этого пробела служит работа японского ученого Масару Коно, проведенная им во время пребывания в Университете штата Колорадо (США).

Он проанализировал 28 образцов лавы, взятых в районах различных вулканов Земли. М. Коно пришел к выводу, что 65 млн. лет назад интенсивность геомагнитного поля была приблизительно равна современной, лишь в периоды смены полярности (направленности) этого поля от нормальной к обратной интенсивность ослаблялась примерно до одной трети ее обычной величины.

Учитывая ранее имевшиеся данные, можно утверждать, что за исключением переходных периодов, интенсивность магнитного поля Земли оставалась в основном неизменной в течение последних 70 млн. лет, независимо от его полярности.

«Science News», 105, 14, 1974.

## СМЕНА ПОЛЯРНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

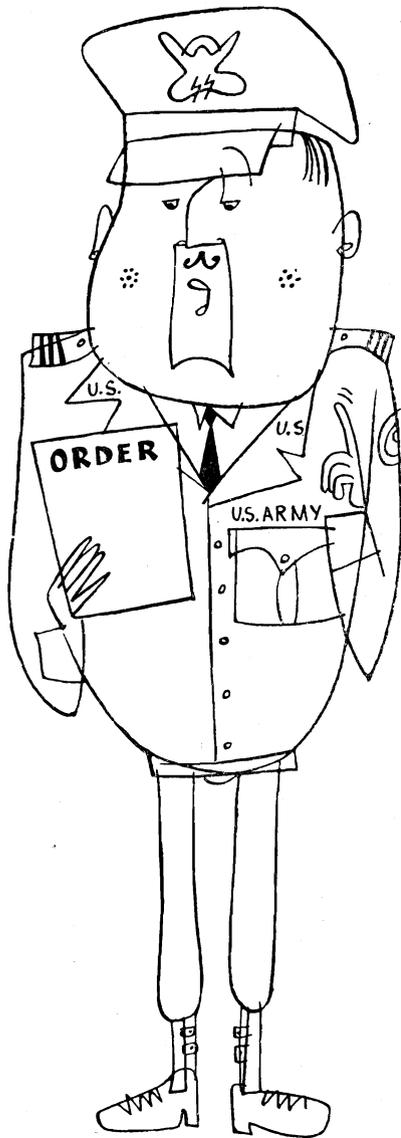
Изучая образцы пород, принадлежащих к формациям Менкопи в западной части штата Колорадо (США), научные сотрудники Университета штата Техас С. Э. Хелсли и М. Б. Стайнер обнаружили три зоны с обычной, современной полярностью магнитного поля Земли и три — с обратной, о существовании которых ранее не было известно. Образцы относятся к нижнему триасу — древнейшему периоду мезозойской эры, начавшейся около 225 млн. лет назад. Тем самым число известных инверсий магнитного поля в данной формации достигло теперь десяти.

Новооткрытые периоды переполюсовки магнитного поля планеты были краткими — они следовали за длительным периодом постоянной направленности, который совпадал с концом палеозоя. Аналогично этому, мезозойская эра, завершившаяся 65 млн. лет назад, также ознаменовалась длительным периодом «застоя» с последующими частыми инверсиями поля.

С. Э. Хелсли и М. Б. Стайнер полагают, что крупнейшие геологические эры, определяемые по характерным изменениям ископаемых остатков, могли кончатся в периоды редкой смены полярности магнитного поля и начинаться в моменты его частой смены. Не исключено, что значительные изменения в формах жизни были результатом процесса приспособления в те длительные периоды постоянной полярности, когда магнитное поле определенным образом регулировало некоторые важнейшие функции древнейших организмов. Когда же наступал период частых инверсий, хорошо приспособившиеся организмы оказывались в невыгодных условиях, что еще усугублялось снижением интенсивности магнитного поля Земли.

«Science News», 105, 14, 1974.

**НАБЛЮДЕНИЕ КОМЕТЫ  
ГАЛЛЕЯ В АРМИИ США  
(Юмор 1985 года)**



Через десять лет комета Галлея появится над нашим горизонтом. Она-то уж не подведет нас, как пресловутая комета Когоутека. До сих пор начинаешь дрожать от холода, вспоминая лютый мороз на крыше Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга и тусклое пятнышко кометы. А вот как представляют юмористы из журнала «Меркурий» («Mercury», 3, 2, 3, 1974) наблюдения кометы Галлея в армии США.

Полковник дал подполковнику директиву:

«Завтра вечером около 20 часов будет видна комета Галлея — событие, которое происходит лишь раз в 75 лет. Постройте людей на плацу и я объясню им этот редкий феномен. Если будет дождь, мы не сможем ничего увидеть; в этом случае соберите людей в клубе и я покажу им фильм о комете».

Подполковник сказал командиру роты:

«По приказу полковника завтра в 20.00 комета Галлея появится над нашим плацем. Если будет дождь, постройте людей на плацу, а потом отведите их в клуб, где произойдет этот редкий феномен, случающийся лишь раз в 75 лет».

Командир роты — лейтенанту:

«По приказу полковника завтра вечером в 20.00 феноменальная комета Галлея появится в клубе. Если будет дождь, полковник отдаст другой приказ. Это случается с ним раз в 75 лет».

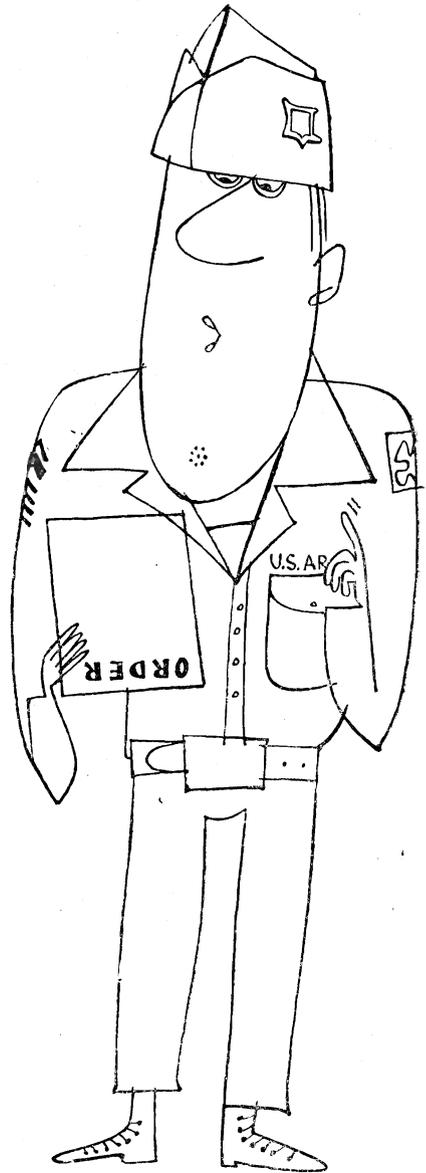
Лейтенант — сержанту:

«Завтра в 20.00 полковник появится в клубе вместе с кометой Галлея. Этот феномен происходит каждые 75 лет. Если будет дождь, полковник выведет комету на плац».

Сержант — новобранцу:

«Завтра в 20.00 будет дождь и феноменальный 75-летний генерал Галлей вместе с полковником проведут свою комету по плацу».

Перевод с английского  
Ю. Н. ЕФРЕМОВА





## МЫ ИЗУЧАЕМ ВСЕЛЕННУЮ

В январе 1975 года состоялся традиционный семинар лекторов-астрономов Ярославской области. Тема семинара — «Роль астрономии и наук о Земле в формировании материалистического мировоззрения». К этому семинару была приурочена первая фотовыставка работ ярославских любителей астрономии — активных членов Ярославского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

Много лет наблюдает звездное небо учитель физики и астрономии Углича Ю. А. Гришин. Под его руководством и самым деятельным участием в Угличской средней школе № 5 построена первая в Ярославской области учебная астрономическая обсерватория. («Земля и Вселенная», № 4, 1971 г., стр. 66—67.—Ред.) Ю. А. Гришин вместе с ребятами изготовил ряд астрономических приборов: 12-сантиметровый рефлексор, астрограф и фотогелиограф. На выставке «Мы изучаем Вселенную» демонстрируются фотографии Солнца и звездного неба, полученные школьниками с этими самодельными инструментами.

Военнослужащий из Рыбинска Г. В. Самойлов все свое свободное время отдает астрономическим наблюдениям и конструированию астрономических приборов. Среди экспонатов выставки есть его снимки поверхности Луны и планет, сделанные с объективом МТО-1000. Г. В. Самойлов не просто любитель, а любитель-пропагандист. Он читает лекции по астрономии в воинских частях и на предприятиях Рыбинска, помогает учителям астрономии в организации любительских наблюдений неба.

На стендах выставки можно увидеть фотографии серебристых облаков, комет и метеоров, полученные ярославскими любителями астрономии В. Т. Приходько и А. М. Огневим. Еще школьниками они начали заниматься в астрономическом кружке планетария, а сейчас это уже знающие и опытные наблюдатели. В. Т. Приходько — старший научный сотрудник кафедры автоматики Ярославского политехнического института. На основе сделанных им высококачественных фотографий фаз Луны был составлен лунный атлас для учебных целей. А. М. Огнев — лектор Ярославского планетария. Каждый ясный вечер его можно встретить на учебной астрономической обсерватории Ярославского педагогического института, где он не только наблюдает сам, но и руководит начинающими наблюдателями.

Выставка наглядно продемонстрировала успехи ярославских любителей астрономии. На ней было представлено лишь несколько десятков самых лучших снимков неба. Всего же за один только 1974 год ярославские наблюдатели получили более 250 фотографий Солнца, звезд, метеоров и серебристых облаков.

**И. А. СТАМЕЙКИНА**

# 3 МАЙ ИЮНЬ 1975 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

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  
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН  
Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географ. наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗОТОВ, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географ. 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

Адрес редакции: 117333 Москва, В-333, Ленинский пр., д. 61/1. Тел. 135-64-81, 135-63-08

Художественный редактор  
Л. Я. Шимкина

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

Обложку оформил В. Вандер

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

T-02194. Подписано в печать 21/V 1975 г. Сдано в набор 28/II 1975 г. Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. л. 3,0. Печ. л. 10,08. Уч.-изд. л. 11,9. Цена 40 коп. Тираж 45 000 экз. Заказ 1797.

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



## **ПОЛЕТ «ИНТЕРКОСМОС-13»**

В соответствии с программой сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства в мирных целях 27 марта 1975 года в Советском Союзе был запущен искусственный спутник Земли «Интеркосмос-13».

Основная цель запуска спутника «Интеркосмос-13» — изучение динамических процессов в магнитосфере и полярной ионосфере Земли, а также исследование низкочастотных электромагнитных волн.

На борту спутника установлена научная аппаратура, разработанная специалистами Советского Союза и Чехословацкой Социалистической Республики.

Искусственный спутник Земли «Интеркосмос-13» выведен на орбиту с параметрами:

минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) — 296 км;  
максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) — 1,714 км;  
период обращения — 104,9 минуты;  
наклонение орбиты к плоскости экватора — 83°.

Специалисты стран-участниц эксперимента проводили на космодроме подготовку научной аппаратуры к запуску и осуществляют управление полетом спутника и работой научных приборов.

Наземные станции командно-измерительного комплекса Советского Союза вели прием поступающей со спутника научной информации. Одновременно с измерениями на спут-

нике «Интеркосмос-13» обсерватории Народной Республики Болгарии, Венгерской Народной Республики, Германской Демократической Республики, Советского Союза и Чехословацкой Социалистической Республики по согласованной программе наблюдали за состоянием магнитосферы и ионосферы Земли.

(По материалам сообщений ТАСС от 29 марта 1975 года)

## **ЗАПУЩЕН ПЕРВЫЙ ИНДИЙСКИЙ СПУТНИК**

В соответствии с соглашением о научном сотрудничестве между Индийской организацией космических исследований правительства Республики Индии и Академией наук СССР 19 апреля 1975 года в Советском Союзе с помощью советской ракеты-носителя произведен запуск первого индийского научного искусственного спутника Земли.

Индийский спутник, который назван именем индийского астронома и математика V века Ариабата, предназначен для исследования в области рентгеновской астрономии, регистрации нейтронного и гамма-излучения Солнца и измерения потоков частиц и радиации в ионосфере.

Спутник выведен на орбиту, близкую к круговой, с параметрами:

минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) — 563 км;

максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) — 619 км;  
начальный период обращения — 96,3 минуты;

наклонение орбиты — 50,7°.

В подготовке спутника к запуску принимали участие специалисты Республики Индии.

Управление полетом спутника проводит оперативная группа специалистов Советского Союза и Республики Индии.

Установленная на спутнике аппаратура работает нормально.

Прием научной информации с индийского спутника осуществляется наземными станциями в Советском Союзе и Республике Индии.

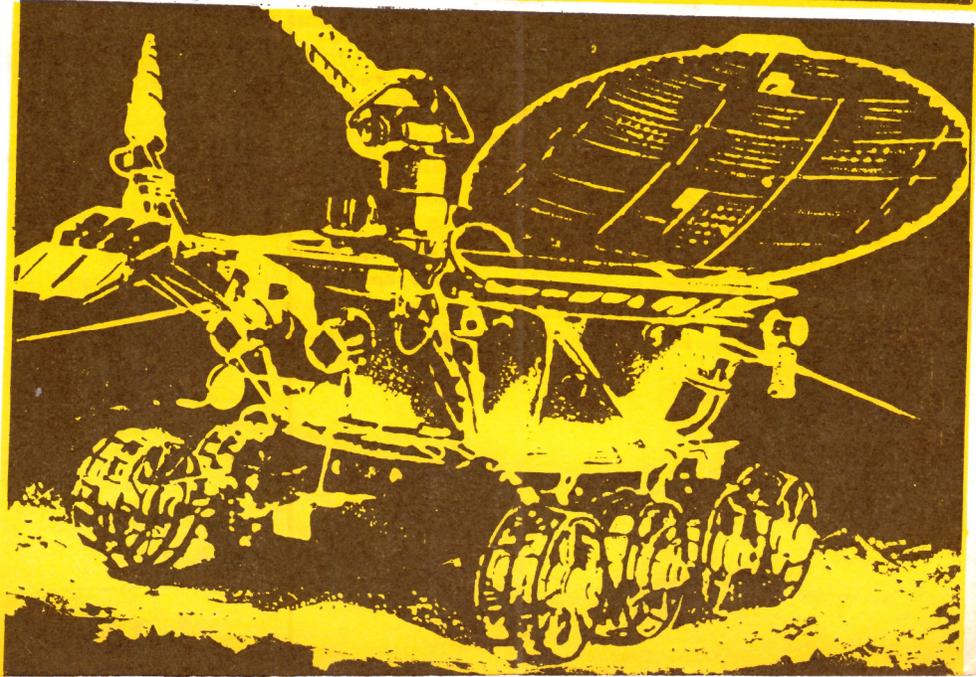
(Сообщение ТАСС от 20 апреля 1975 года)



Колл 38/12 = 85  
Детский



ИНДЕКС 70336 ЦЕНА 40 КОП



ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА"

