



# ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

# 4

1971

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

# Героический экипаж первой пилотируемой орбитальной станции «Салют»



Георгий Тимофеевич  
ДОБРОВОЛЬСКИЙ



Владислав Николаевич  
ВОЛКОВ



Виктор Иванович  
ПАЦАЕВ

## ОТ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОМИТЕТА КПСС, ПРЕЗИДИУМА ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР И СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

Центральный Комитет КПСС, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР с глубоким прискорбием извещают, что 30 июня 1971 года после завершения программы полета на первой пилотируемой орбитальной станции «Салют», являющейся новым крупным этапом в развитии космических исследований, при возвращении на Землю на корабле «Союз-11» погибли отважные космонавты, члены КПСС командир корабля подполковник Добровольский Георгий Тимофеевич, бортинженер Герой Советского Союза Волков Владислав Николаевич, инженер-испытатель Пацаев Виктор Иванович.

Центральный Комитет КПСС, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР вместе с партией и всем советским народом глубоко скорбят в связи с утратой замечательных сынов нашей Родины и выражают искреннее соболезнование их семьям.

Центральный  
Комитет КПСС

Президиум  
Верховного Совета СССР

Совет Министров  
СССР



# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный  
журнал  
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



ИЮЛЬ—АВГУСТ

# 4

Издательство «Наука»  
Москва

## В номере

|   |    |
|---|----|
| В. П. Глушко — Из истории космонавтики . . . . .  | 4  |
| В. В. Радзневский — Что такое неклассические проблемы<br>небесной механики . . . . .      | 14 |
| Д. Я. Мартынов — Астрономия середины XX столетия . . . . .                                | 20 |
| К. Е. Сперанский — Интеркосмос . . . . .  | 28 |
| М. Н. Гневашев, К. Ф. Новикова — Солнечная актив-<br>ность и явления в биосфере . . . . . | 33 |
| Э. И. Бауман — Хранение времени . . . . .   | 37 |
| Л. П. Винник — Шум Земли . . . . .  | 42 |

## ЛЮДИ НАУКИ

|  |    |
|--|----|
| Вениамин Григорьевич Богоров . . . . . | 46 |
|--|----|

## ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ

|  |    |
|--|----|
| М. В. Братийчук — Наблюдения искусственных спутников<br>Земли в Ужгороде . . . . . | 48 |
|--|----|

## ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

|  |    |
|--|----|
| Ю. Н. Ефремов — Из чего образуются звезды! . . . . . | 54 |
|--|----|

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

|  |    |
|--|----|
| Т. Т. Гаврилюк — Школьный астрономический комплекс . . . . . | 64 |
| Ю. А. Гришин — Самодельный фотогелиограф . . . . .           | 66 |

## КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

|   |    |
|---|----|
| В. В. Полонский — Звездное небо на марках . . . . . | 70 |
|---|----|

## КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

|   |    |
|---|----|
| К. А. Гильзин — Маленькая энциклопедия «Космонавтика» . . . . .             | 72 |
| С. С. Войнов — «Переменные звезды и способы их иссле-<br>дования» . . . . . | 74 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ . . . . . | 76 |
|---------------------------------------|----|

## НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Беспримерный подвиг — день за днем [2]; Новые советские старты к Марсу [3]; Луноход продолжает работать [12]; Новое о Марсе [13]; Граница Мохоровичича — поверхность или слой? [19]; Мощная вспышка на Солнце [40]; Неспокоейное дно океана [54]; Награждение Института физики Земли орденом Ленина [52]; Метеорные следы — индикаторы физического состояния верхних слоев атмосферы Земли [63]; Солнечное затмение 25 февраля 1971 года [68]; Страницка наблюдателя переменных звезд [69]; Читательская конференция в Горьком [75]; Хроника землетрясений [78]; Астрономическая ошибка на почтовых марках [79]; Геомагнитное поле и биосфера [80].

На обложке: 1-я стр. — Президент Академии наук СССР академик М. В. Келдыш прикрепляет орден Ленина к знамени Института физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР (к стр. 52)

# Беспримерный подвиг — день за днем

6 июня 1971 г. в 7 часов 55 минут по московскому времени стартовала ракета-носитель с космическим кораблем «Союз-11», пилотируемым экипажем в составе командира корабля подполковника Добровольского Георгия Тимофеевича, бортинженера Героя Советского Союза летчика-космонавта СССР Волкова Владислава Николаевича и инженера-испытателя Пацаева Виктора Ивановича.

7 июня в 10 часов 45 минут космонавты выполнили стыковку транспортного космического корабля «Союз-11» с научной станцией «Салют», которая была выведена на орбиту 19 апреля 1971 г. В околоземном пространстве начала функционировать первая пилотируемая орбитальная научная станция «Салют». Высота станции в апогее составляла 249 км, в перигее — 212 км, период обращения — 88,2 минуты, наклонение орбиты  $51^{\circ}6$ . Общий вес космической системы «Салют» — «Союз» свыше 25 т.

8 июня космонавты проверяли системы станции, занимались консервацией научной аппаратуры, выполняли физические упражнения, проводили медицинский контроль.

9 июня — медико-биологические эксперименты (в том числе испытание специальных нагрузочных костюмов), измерение уровня радиации, наблюдение микрометеоритной обстановки, испытание широкоугольного визира для точной ориентации по Солнцу и планетам.

10 июня — исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы в условиях невесомости; телевизионный репортаж.

11 июня — спектрографирование отдельных участков земной поверхности, спектрометрические измерения оптических характеристик атмосферы; эксперименты с гамма-телескопом (изучение интенсивности, углового распределения и энергетического спектра первичного космического гамма-излучения), исследование влияния космической среды на

свойства оптических образцов с целью разработки заатмосферных астрономических телескопов.

12 июня — медико-биологические эксперименты, фотографирование атмосферных образований.

13 июня — наблюдение и фотографирование облачного покрова и участков поверхности Земли, изучение влияния невесомости на развитие высших растений.

14 июня — отработка автономной системы навигации, спектрографирование отдельных участков земной поверхности, метеорологический эксперимент совместно со спутником «Метеор», определение аккомодации и конвергенции глаз космонавтов.

15 июня — спектральная съемка характерных образований земной поверхности; фотографирование облачного покрова (эксперименты проводились со специально оборудованными самолетами и спутником «Метеор»).

16 июня — технические эксперименты, исследование атмосферы с помощью радиочастотных масспектрометров, фотометрические наблюдения, навигационные измерения и обработка научных результатов на бортовой вычислительной машине.

17 июня — исследование высокочастотного электронного резонанса на передающих радиоантеннах в условиях космического полета и исследования низкотемпературной плазмы.

18 июня — эксперименты с орбитальной астрофизической обсерваторией «Орион» (получение спектральных характеристик звезд в коротковолновом диапазоне).

19 июня — спектрографирование дневного и сумеречного горизонта; проверка точности гироскопических устройств; изучение зрительных функций, обеспечивающих пространственное восприятие и цветоощущение.

20 июня — метеорологические наблюдения, радио-телевизионные репортажи.

21 июня — эксперименты с орбитальной астрофизической обсерваторией «Орион» (получение спектрограмм Вегги одновременно с двух телескопов обсерватории в различных диапазонах спектра); исследование первичного космического гамма-излучения и космических лучей.

22 июня — спектрофотометрирование сумеречного горизонта Земли при восходе и заходе Солнца; исследование оптических и поляризационных свойств земной атмосферы; телевизионный репортаж.

23 июня — изучение оптических характеристик широкоугольного визира; эксперименты по ориентации станции; наблюдение и фотографирование земной поверхности; исследование влияния космической среды на оптические поверхности иллюминаторов.

24 июня космонавты фотографировали звезды и Землю в различных режимах ручной и автоматической ориентации станции; проводили разнообразные медицинские и биологические исследования. В этот день продолжительность полета превысила 18 суток, т. е. длительность любого из пилотируемых полетов, выполнявшихся когда-либо ранее.

25 июня — продолжение экспериментов с многофункциональной аппаратурой «Эра», позволяющей исследовать электронный высокочастотный резонанс и свойства околоземной среды.

26 июня — исследование космических лучей, измерение тканевых доз радиации, исследование микрометеоритной обстановки.

27 июня — проверка бортовых систем станции и транспортного корабля; телевизионный репортаж.

28 июня — медико-биологические эксперименты, проверка бортовых систем и агрегатов станции.

29 июня — медицинский контроль, проверка научной аппаратуры и бортовых систем станции; в этот день было полностью завершено выполнение исключительно насыщенной и многоплановой программы научно-



## НОВЫЕ СОВЕТСКИЕ СТАРТЫ К МАРСУ

19 мая 1971 г. была запущена автоматическая межпланетная станция «Марс-2».

Основной целью запуска станции является проведение комплекса научных исследований планеты Марс и окружающего ее пространства. Кроме того, будет проводиться изучение характеристик солнечной плазмы, космических лучей и радиационной обстановки во время полета станции по трассе Земля — Марс.

Вес автоматической станции 4650 кг.

Станция «Марс-2» была выведена на траекторию полета к планете Марс с промежуточной орбиты искусственного спутника Земли.

Параметры траектории полета автоматической станции близки к расчетным. На трассе полета намечается проведение коррекций траектории ее движения. Полет межпланетной станции «Марс-2» до планеты Марс будет продолжаться свыше шести месяцев. Станция достигнет окрестности Марса в ноябре 1971 г., преодолев расстояние около 470 млн. км.

28 мая 1971 г., когда станция «Марс-2» находилась от Земли на расстоянии около 2,5 млн. км, была запущена автоматическая межпланетная станция «Марс-3».

Схема вывода станции «Марс-3» на гелиоцентрическую траекторию полета к планете аналогична схеме вывода автоматической межпланетной станции «Марс-2».

Вес автоматической межпланетной станции без последней ступени ракеты-носителя — 4650 кг.

На станции «Марс-3» установлен комплекс научных приборов, предназначенных для исследований планеты Марс и окружающего ее пространства, а также аппаратура для изучения структуры радиоплучения Солнца в метровом диапазоне волн, разработанная и изготовленная специалистами Франции в соответствии с советско-французской программой сотрудничества по исследованию космического пространства в мирных целях. На трассе межпланетного полета будут проводиться измерения характеристик солнечной плазмы и космических лучей. Одновременное измерение характеристик межпланетной среды на станциях «Марс-2» и «Марс-3» позволит получить более полные данные о динамике процессов, протекающих в космическом пространстве.

Обе станции успешно выведены на траекторию полета к Марсу в период оптимального относительного расположения Земли и Марса. Полет автоматической станции «Марс-3» до планеты Марс так же, как и станции «Марс-2», будет продолжаться около шести месяцев.

Движение автоматической станции «Марс-3», как и станции «Марс-2», происходит по траектории, близкой к расчетной.

технических экспериментов и исследований. Космонавты перенесли материалы научных исследований и бортижурналы в транспортный корабль «Союз-11», заняли свои рабочие места в корабле и приготовились к отстыковке от станции «Салют». В 21 час 28 минут расстыковка была выполнена.

30 июня в 1 час 35 минут после ориентации корабля «Союз-11» была включена его тормозная установка, проработавшая расчетное время. По окончании работы тормозного двигателя связь с экипажем прекратилась. В соответствии с программой после аэродинамического торможения в атмосфере была введена в

действие парашютная система и непосредственно перед Землей — двигатели мягкой посадки. Полет спускаемого аппарата завершился плавным приземлением его в заданном районе. Приземлившись одновременно с кораблем на вертолете группа поиска после вскрытия люка обнаружила экипаж на своих рабочих местах без признаков жизни. Причина внезапной смерти космонавтов — разгерметизация спускаемого аппарата корабля.

Незабываем беспримечный подвиг героев-космонавтов, забываемая скорбь, охватывшая нашу великую Родину и разделенная миллионами людей за ее пределами.

Указом Президиума Верховного Совета СССР за героизм, мужество и отвагу, проявленные при испытании нового космического комплекса, летчикам-космонавтам Г. Т. Добровольскому и В. И. Пацаеву посмертно присвоено звание Героя Советского Союза, а летчик-космонавт СССР В. Н. Волков посмертно награжден второй медалью «Золотая звезда».

Бесстрашные исследователи космоса, стойкие коммунисты Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков и В. И. Пацаев 2 июля 1971 г. были похоронены в Москве, на Красной площади, у Кремлевской стены.

**В. П. ГЛУШКО**  
академик  
дважды Герой Социалистического  
Труда  
лауреат Ленинской и Государственной  
премий

## Из истории космонавтики

1971 год — год двух юбилеев советской ракетной техники: 50-летие создания ГДЛ (Газодинамическая лаборатория) и 40-летие создания ГИРД (Группа изучения реактивного движения). С рождением этих научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций неразрывно связаны современные достижения советской ракетной техники и космонавтики. Полеты первых искусственных спутников Земли, Солнца и Луны, первых ав-

томатических станций к Луне, Венере и Марсу, достижения автоматическими станциями поверхности Луны и Венеры, фотографирование обратной стороны Луны, первая мягкая посадка станции на Луну и передача на Землю изображения лунной панорамы, полеты первых космонавтов, одиночные и групповые, в одноместных и многоместных кораблях, первый выход космонавта из корабля в космическую бездну, первый облет Луны с воз-



*Ивановский рavelин Петропавловской крепости (Ленинград).  
Здесь размещались стенды и мастерские Газодинамической  
лаборатории. Слева — бронзовая мемориальная доска*



вращением на Землю автоматического корабля, первая пилотируемая орбитальная станция и многие другие успехи нашей Родины вызывают у всех советских людей законное чувство гордости.

Мечта о проникновении в космос, стремление человека к звездам родились тысячелетия назад и нашли свое воплощение в сюжетах фольклора и литературы многих народов. Повествуется об этом в ассирио-вавилонском эпосе, в древнекитайских, иранских и древнегреческих легендах, в древнеиндийских поэмах и других творениях давнего прошлого.

Уровень развития науки и техники тех времен отражался на способах полета в космос героев этого эпоса. Вначале полет совершался на птицах. Например, вавилонский царь Этана за 3500 лет до нашей эры будто бы летал на орле, Александр Македонский — на грифонах. Бессмертен греческий миф о полете к Солнцу Икара на крыльях из птичьих перьев, скрепленных воском. Полеты к Луне на корабле, унесенном бурей, а также на крыльях описал Лукиан Самосатский во II в. нашей эры. На дрессированных лебедях совершил полет герой романа Ф. Годвина «Человек на Луне» (1638 г.).

Французский писатель и философ Сирано де Бержерак в «Путешествии на Луну» (1649 г.) представил многочисленные фантастические средства полета. Здесь же он впервые высказал мысль о полете на последовательно срабатывающих пороховых ракетах. Английский поэт Джордж Байрон в «Дон-Жуане» (1819—1823 гг.) считал возможным достижение Луны с помощью паровой машины. Американский писатель Эдгар По (1835 г.) в произведении «Необыкновенное приключение Ганса Пфа-

ля» рассказывает о полете к Луне на воздушном шаре. Герои «Путешествия на Луну» (1857 г.) французского писателя Александра Дюма используют вещество, отталкиваемое Землей. Француз Ашиль Эро вооружает персонажей своего романа «Путешествие на Венеру» (1865 г.) ракетным аппаратом, а Жюль Верн в известной серии романов «С Земли на Луну» (1865 г.) и «Вокруг Луны» (1870 г.) управляет своих героев на Луну в пушечном ядре, снабженном ракетными двигателями для коррекции траектории. Идея создания искусственных спутников Земли с помощью ракет, выстреливаемых из пушки, высказана Жюлем Верном в 1879 г. в романе «Пятьсот миллионов бегумы». Давление солнечного света, отраженно неподвижным большим экраном на корабль, обеспечило полет с Луны на Венеру и Меркурий героям французских романистов Фора и Графиньи в «Необыкновенных приключениях русского ученого» (1889—1896 гг.). Немецкий писатель Курт Лассвиц в романе «На двух планетах» (1897 г.) повествует о веществе, придающем невесомость космическому кораблю. Английский писатель Г. Уэллс в романе «Первые люди на Луне» (1901 г.) воплотил идею гравитационного экрана. Русский писатель А. А. Богданов в сочинении «Красная звезда» (1908 г.) для полета на Марс использовал «минус-материю» в сочетании с реактивным двигателем, а другой наш соотечественник Б. Красногорский (1913 г.) в романе «По волнам эфира» описал полет к Луне и обратно на космическом корабле, снабженном большим экраном, который улавливал давление солнечного света и служил как бы солнечным парусом. Американские писатели А.

Трен и Р. Вуд в романе «Вторая Луна» (1915 г.) рассказывали о ракетном двигателе, работающем на ядерной энергии.

Пока мечты человечества о полетах в космос опережали реальную действительность, развитие науки и техники отвергло идею о живой тягостной силе для полета высь. Стало известно, что у атмосферы ограниченная протяженность, поэтому воздухоплавательные и авиационные средства для полета в космическое пространство непригодны. Ни пар как движущее средство, ни пушки оказались неприемлемы для этой цели. Гравитационные экраны, «минус-материя», тела, прозрачные для поля тяготения и потому ему неподверженные, которые использовали фантасты как средство полета в космос, нам пока недоступны и просто непонятны: мы до сих пор не знаем природу силы, приковывающей нас к Земле.

Что касается идеи полета человека в межпланетное пространство с помощью ракет, впервые освещенной во французской литературе середины XVII в. Сирано де Бержераком, повторенной в середине XIX в. Ашилем Эро и в какой-то мере Жюлем Верном, то она оказалась не только правильной, но единственно реальной и доступной нам на данном этапе развития науки и техники. Можно было использовать в ракетах либо химическую энергию, как у Сирано де Бержерака и Жюля Верна с их пороховыми ракетами, либо ядерную, как у Артура Трена и Роберта Вуда.

Вещей оказалась предложенная Б. Красногорским идея использования светового давления.

Нам известна легенда о попытке китайского мандарина Ван-Гу взлететь на системе ра-

кет. Это было примерно в 1500 г. Во время старта 47 пороховых ракет, установленных на летательном аппарате, взорвались и Ван-Гу погиб.

Первый известный проект пилотируемого ракетного аппарата принадлежит Николаю Ивановичу Кибальчичу. В 1881 г. он рассмотрел устройство порохового двигателя, управление полетом путем изменения угла наклона двигателя, программный режим горения и обеспечение устойчивости аппарата. В 1893 г. немецкий изобретатель Герман Гансвинд предложил проект пассажирского корабля с ракетным двигателем для межпланетных путешествий. Двигатель должен был работать отдельными взрывами динамитных патронов.

Основоположником космонавтики, создателем теории ракетного полета и основных принципов построения ракетно-космических систем, автором первых научных планов проникновения человека в межпланетное пространство и завоевания космоса на благо человечества является наш великий соотечественник Константин Эдуардович Циолковский. Опубликованная им в 1903 г. работа «Исследование мировых пространств реактивными приборами» и дальнейшие дополнения к ней (1911, 1912, 1914 и 1926 гг.) — фундаментальный вклад в сокровищницу мировой науки. В последние годы Циолковский выполнил ряд исследований, посвященных проблемам полета в космос. Эти исследования он начал еще в 1883 г., изложив их в труде «Свободное пространство».

Циолковский нашел ряд важных инженерных решений конструкций ракет. Впервые в мире он создал основы теории жидкостного ракетного двигателя и указал его элементы.

Им были рассмотрены и рекомендованы различные топлива для ракетных двигателей. Ряд технических идей, высказанных Циолковским, находят применение в создании современных космических ракет, аппаратов и ракетных двигателей.

Значительное место в трудах Циолковского занимали проблемы организации межпланетных сообщений и перспективы их развития. Он доказывал, что от первых искусственных спутников Земли, межпланетных станций и полетов к планетам лежит широкий путь к городам и грандиозным поселениям в межпланетном пространстве и к приспособлению космического пространства с его неисчерпаемыми ресурсами материи и энергии для нужд человечества.

После Циолковского вопросами теории реактивного движения занимались зарубежные ученые. Р. Эно-Пельтри опубликовал работы во Франции с 1913 г., Р. Годдард — в Соединенных Штатах Америки с 1919 г., Г. Оберт — в Германии с 1923 г.

Итак, Циолковский впервые доказал, что путь в космос может быть проложен специально устроенной большой ракетой. Много сотен лет ее знали (сначала в Китае, затем в Индии и Европе) как боевое средство. Ракета использовалась также для некоторых прикладных целей, например при устройстве фейерверков для увеселения. В XVI—XVII вв. было опубликовано несколько трудов по вопросам ракетной техники, например работы Бирингуччио в 1540 г. и Казимира Симиновича в 1650 г. Они дали описание простых и составных многоступенчатых ракет. Английский полковник У. Конгрев в начале прошлого века оценил возможность ракет и разработал для ракетной артиллерии снаряды, кото-

рые были приняты на вооружение английской армии.

Создание пороховых ракет в России имеет свою историю. Примерно в 1680 г. в Москве было открыто «Ракетное заведение», изготавливавшее ракеты в большом количестве. В XVIII и XIX вв. пороховые ракеты применялись в русской армии и на флоте.

Большой вклад в разработку теории, конструкции и технологии пороховых ракет в начале и середине прошлого века внесли выдающиеся русские артиллеристы-ученые А. Д. Засядко и К. И. Константинов. Руководитель Петербургского ракетного завода К. И. Константинов в труде «Артиллерия», опубликованном в 1857 г., рассчитал, что в каждый момент горения ракетного состава количество движения, сообщаемого ракете, равно количеству движения истекающих газов. Независимо от Константинова это же равенство составил Циолковский и вывел основное уравнение полета ракеты.

Целая плеяда отечественных и зарубежных изобретателей работала в прошлом веке над проектами воздухоплавательных аппаратов, приводимых в движение реактивными двигателями. Среди этих работ выделяется опубликованный в 1896 г. труд А. П. Федорова «Новый принцип воздухоплавания», в котором описано устройство ракетного аппарата для передвижения в пространстве, исключающее атмосферу как опору среду. Эта работа имела большое значение для развития исследований Циолковского.

Циолковский не дождался осуществления своей мечты. Прорыв в космос совершился через 22 года после смерти великого ученого и совпал со 100-летием со дня его рождения.

Более полувека прошло после опубликования классической работы Циолковского до знаменательного в истории человечества события, когда усилиями и талантом советского народа впервые были сброшены оковы земного тяготения и перед человеком открылся необъятный, полный тайн и звезд мир невесомости.

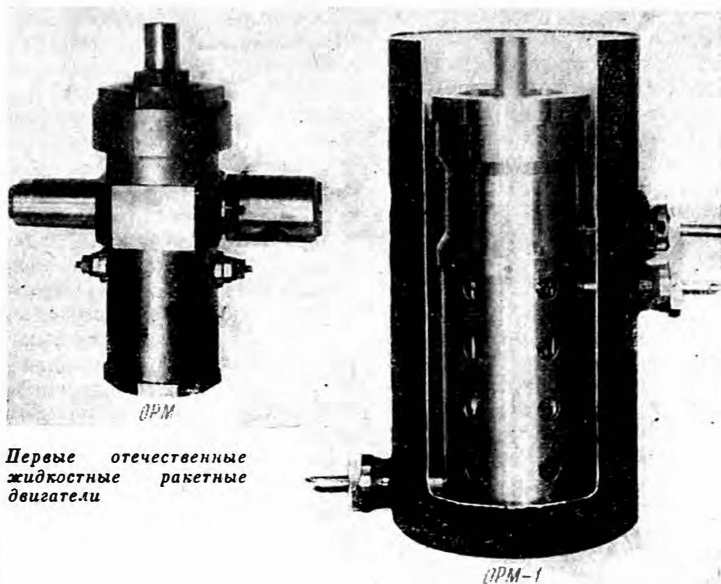
Мы уже упоминали о большом вкладе в развитие отечественного ракетостроения предшественников Циолковского — А. Д. Засядко, К. И. Константинова, Н. И. Кибальчица, А. П. Федорова. Некоторые элементы теории реактивного двигателя применительно к морским судам были разработаны отцом русской авиации Николаем Егоровичем Жуковским в 1882, 1885 и 1908 гг.

Крупный русский ученый И. В. Мещерский в 1893, 1897, 1904 и 1918 гг. изложил в своих трудах теоретические основы ракетодинамики — науки о движении тел переменной массы.

В 1915 г. в Петрограде вышла замечательная научно-популярная книга Я. И. Перельмана под названием «Межпланетные путешествия», выдержавшая десять изданий в течение 20 лет.

Этим завершается дореволюционный период становления ракетной науки и техники в нашей стране. Великая Октябрьская социалистическая революция явилась переломным этапом в развитии отечественного ракетостроения. К. Э. Циолковскому в это время исполнилось 60 лет. За 18 лет жизни при Советской власти он выполнил и опубликовал больше теоретических работ, чем до революции.

С 1917 г. талантливый исследователь Юрий Васильевич Кондратюк работал над основными проблемами космонавтики. В 1929 г. он опубликовал в Новосибирске теоретичес-



*Первые отечественные жидкостные ракетные двигатели*

кое исследование «Завоевание межпланетных пространств», дополнившее и отчасти повторявшее работы Циолковского. Независимо от Циолковского Кондратюк оригинальным методом вывел основные уравнения движения ракеты. В его трудах рассматриваются следующие проблемы: энергетически наивыгоднейшие траектории космических полетов, теория многоступенчатых ракет, промежуточные межпланетные заправочные ракетные базы в виде спутников планет, экономичная посадка ракет на планету с использованием торможения атмосферой. Он предложил применять в двигателях в качестве горючего некоторые металлы, металлоиды и их водородные соединения, например бороводороды.

Другой крупный представитель советской школы ракетостроения — Фридрих Артурович Цандер. Это был первый инженер в нашей стране,

который всю свою жизнь посвятил решению проблем ракетной техники. С 1907 г. он начал проводить свои первые теоретические исследования, а несколько позднее — инженерные расчеты.

Пропагандируя идеи межпланетных сообщений, Цандер делал доклады, а в 1924 г. опубликовал статью «Перелеты на другие планеты», в которой изложил одну из своих основных идей — сочетание ракеты с самолетом (для взлета с Земли) и последующее сжигание конструкции самолета в камере сгорания ракетного двигателя. В своих теоретических работах он рассмотрел использование давления света для полета в космическом пространстве, определение траектории космических кораблей и ряд других проблем, связанных с космическими полетами.

Его теоретические исследования устройства ракет, поиск оптимальных термодинами-

ческих циклов реактивных и воздушно-реактивных двигателей, а также предложения по использованию некоторых металлов и их сплавов как горючего для увеличения дальности полета суммированы в книге «Проблема полета при помощи реактивных аппаратов» (1932 г.).

В 1930—1931 гг. Цандер создал и испытал свой первый реактивный двигатель ОР-1. Двигатель работал на сжатом воздухе и бензине и развивал тягу 145 г. Впоследствии Цандер разрабатывал и другие жидкостные ракетные двигатели.

В 20-е годы идеи межпланетных полетов стали овладевать умами. В нашей стране стали возникать кружки, объединявшие увлеченных и просто интересующихся этими идеями. Так, в 1924 г. в Москве при Военно-научном обществе Академии Воздушного Флота была создана Секция межпланетных сообщений, преобразованная в этом же году в Общество изучения межпланетных сообщений под председательством Г. М. Крамарова. Общество просуществовало около года и сыграло заметную роль в пропаганде идей космонавтики в нашей стране.

В 1925 г. в Киеве академик Д. А. Граве создал кружок по изучению и завоеванию космоса. В научно-технический совет кружка вошли Е. О. Патон, Б. И. Срезневский и другие ученые и инженеры. Силами этого кружка и секции изобретателей Киевской ассоциации инженеров и техников в 1925 г. впервые была организована выставка, посвященная проблеме изучения межпланетного пространства. Ее посетители слушали лекции ученых о путях завоевания космического пространства.

В 1927 г. в Москве состоя-

лась первая выставка моделей межпланетных летательных аппаратов. Здесь экспонировались работы Циолковского, Оберта, Валье, Цандера, Энопельтри и многих других.

В конце 1928 г. в Ленинграде при Институте инженеров путей сообщения сформировалась Секция межпланетных сообщений под председательством декана факультета воздушных сообщений профессора Николая Алексеевича Рынина. Членами стали преподаватели, инженеры и студенты.

В 1929 г. Рынин выступил в печати с предложением организовать национальный или международный научно-исследовательский институт межпланетных сообщений, подробно изложив структуру и задачи этого учреждения. Рынин проводил научные работы в области ракетной техники и эффекта ускорений при создании инерционных перегрузок на организмы животных. Он известен больше как автор единственной в своем роде энциклопедии межпланетных сообщений, изданной в девяти книгах в 1928—1932 гг. Он скрупулезно собрал и описал древнейшие мифы и легенды о полете в космическое пространство, фантазии романистов, теоретические и экспериментальные исследования современных ему ученых.

С 1934 г. публикуются научные и многочисленные научно-популярные труды по космонавтике А. А. Штернфельда — дважды лауреата Международных премий по космонавтике, присужденных ему в 1934 и 1963 гг. Его основные работы: «Введение в космонавтику» (1937 г.) и «Искусственные спутники Земли» (1956 и 1958 гг.).

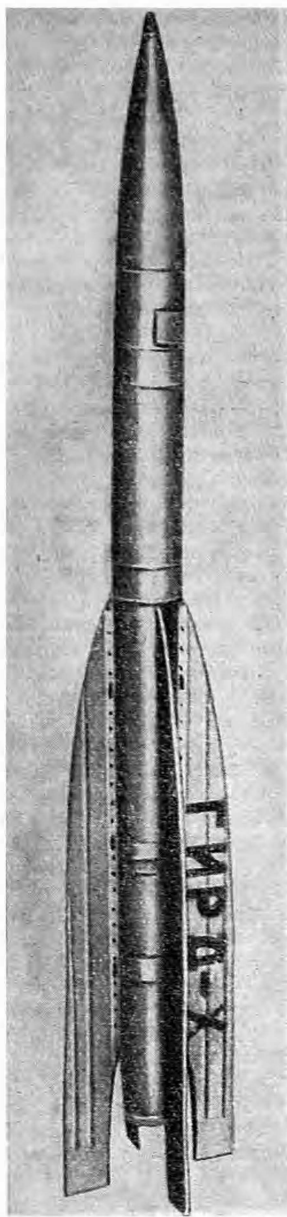
Первая советская научно-исследовательская и опытно-конструкторская лаборатория для разработки ракетных сна-

рядов на бездымном порохе была создана в начале 1921 г. при военном ведомстве в Москве по предложению инженера-химика Николая Ивановича Тихомирова. Этой проблемой Тихомиров занимался с 1894 г. В 1916 г. он получил специальное заключение специальной экспертизы, возглавляемой Н. Е. Жуковским. В 1919 г. Совет Народных Комиссаров поддержал деятельность Тихомирова. Была организована носившая его имя лаборатория с мастерскими. Под руководством Николая Ивановича здесь разрабатывался шашечный бездымный порох на твердом растворителе. В Ленинграде же, на полигоне, ближайший помощник Тихомирова — В. А. Артемьев проводил опытные пуски. К 1927 г. появился тротилпироксилиновый порох. Лаборатория полностью перебазируется в Ленинград. После первых успешных пусков ракетных снарядов (1928 г.) она существенно расширилась и стала называться Газодинамической лабораторией (ГДЛ).

Созданные в ГДЛ ракетные снаряды различных калибров на бездымном порохе успешно прошли полигонные и войсковые испытания в 1932—1933 гг., а впоследствии, после некоторой доработки в Реактивном научно-исследовательском институте, эффективно использовались в период Великой Отечественной войны на мобильной ракетной установке («Катюша»). Славные страницы в историю становления советского порохового ракетостроения вписали талантливые ученые и конструкторы, горячие патриоты и энтузиасты ракетного дела — Н. И. Тихомиров, В. А. Артемьев, Б. С. Петропавловский, Г. Э. Лангемак и И. Т. Клейменов.

Начало экспериментальных исследований в СССР по реа-





*«ЖРД-Х» — одна из первых отечественных жидкостных ракет*

лизации идей Циолковского относится к 15 мая 1929 г., когда по моему предложению была создана и приступила к практической деятельности опытно-конструкторская организация в составе ГДЛ (Ленинград). Сначала малочисленная группа, затем сектор и, наконец, отдел разрабатывали под моим руководством электрические и жидкостные ракеты и двигатели к ним. В этом подразделении вдохновенно трудились талантливые инженеры и техники.

Здесь в 1929—1933 гг. разрабатывался первый в мире экспериментальный электрический ракетный двигатель, использующий в качестве рабочего тела твердые или жидкие проводники. Здесь же в 1930—1931 гг. создавались первые отечественные жидкостные двигатели.

В 1930 г. сотрудники ГДЛ впервые предложили и в дальнейшем подробно исследовали в качестве окислителей для жидкостных ракетных двигателей азотную кислоту, ее растворы с азотным тетроксидом, перекись водорода, хлорную кислоту, тетранитрометан, а в качестве горючего — бериллий и другие вещества. В 1930 г. здесь создавались и проверялись в двигателях профилированные сопла и термоизоляционные покрытия из двуокиси циркония и других составов для камер сгорания. В 1930—1931 гг. проектировали, изготовляли и испытывали первые в СССР стендовые жидкостные ракетные двигатели ОРМ (опытный ракетный мотор). Первый ОРМ испытывался на заранее приготовленной жидкой смеси окислителя и горючего, сжигавшейся в камере сгорания с соплом, а все последующие двигатели ОРМ обладали раздельной подачей окислителя и горючего. В 1931 г. проведено около 50

стендовых огневых испытаний жидкостных ракетных двигателей, работавших на азотном тетроксиде с толуолом и бензином. В этом же году в ГДЛ впервые предложили самовоспламеняющееся топливо и химическое зажигание, а также карданную подвеску двигателя с насосными агрегатами. В 1931—1932 гг. создали и испытывали поршневые топливные насосы, приводимые в действие газом, отбираемым из камеры сгорания двигателей, а в 1932 г. разработали конструкции экспериментальных двигателей (от ОРМ-4 до ОРМ-22) для изыскания типа зажигания, метода запуска и систем смешения при испытании на различных топливах. При стендовых испытаниях этих двигателей в 1932 г. в качестве окислителей использовались жидкий кислород, азотный тетроксид, азотная кислота, растворы азотного тетроксиды в азотной кислоте, а в качестве горючего — бензин, бензол, толуол, керосин. В 1932 г. в ГДЛ началась разработка экспериментальных ускорителей в виде жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) для самолетов. ЖРД должен сообщать вспомогательную тягу винтомоторной группе. В 1933 г. созданы и испытаны на стенде двигатели от ОРМ-23 до ОРМ-52 с пиротехническим и химическим зажиганием на азотнокислотно-керосиновом топливе. Опытные двигатели (ОРМ-50 тягой 150 кг и ОРМ-52 тягой 300 кг) прошли в 1933 г. официальные стендовые испытания. В том же году была создана конструкция турбонасосного агрегата с центробежными насосами для подачи топлива в двигатель с тягой 300 кг.

Конструкторское бюро ГДЛ по электрическим и жидкостным ракетным двигателям в 1932—1933 гг. размещалось в здании Главного Адмиралтей-

ства, а испытательные стенды этих двигателей — в Петропавловской крепости, в бывшем Иоанновском равелине. Ныне на этих исторических зданиях, украшающих чудесный город Ленина, установлены выполненные в бронзе и мраморе мемориальные доски. Их текст радует сердца сотрудников ГДЛ и всех, кому дорога история становления ракетостроения в Советском Союзе.

Осенью 1931 г. при Осоавиахиме были организованы московская и ленинградская Группы изучения реактивного движения (ГИРД), объединявшие на общественный начала энтузиастов ракетного дела. В Московской группе сотрудничали В. П. Ветчинкин, Ф. А. Цандер, С. П. Королев, М. К. Тихонравов, Ю. А. Победоносцев и другие, а в Ленинградской — Н. А. Рынин, Я. И. Перельман, Б. С. Петропавловский, В. А. Артемьев и другие.

В начале 1932 г. при ГИРД в Москве и Ленинграде были организованы курсы по ракетной технике для подготовки кадров советских ракетчиков. Кроме того, инженеры ленинградского ГИРД разрабатывали небольшие экспериментальные ракеты, которые с 1934 г. проходили летные испытания. По примеру москвичей и ленинградцев движение за организацию местных ГИРД развинулось во многих крупных городах страны. Большую роль в этом движении сыграла пропагандистская деятельность Я. И. Перельмана, Ф. А. Цандера, Н. А. Рынина, В. П. Ветчинкина и В. И. Прянишникова.

В июне 1932 г. президиум Центрального совета Осоавиахима решил создать в Москве научно-исследовательскую и производственную организацию по разработке ракет и ракетных двигателей, сохраняющую название ГИРД.

Для работы ГИРД было вы-

делено постоянное помещение в подвале дома № 19 по Садово-Спасской улице. ГИРД состоял из четырех конструкторских бригад и мастерской для изготовления ЖРД и ракет. Начальником ГИРД был назначен инженер Сергей Павлович Королев, впоследствии академик, выдающийся организатор и конструктор ракетно-космических систем.

В ГИРД работали талантливые инженеры, внесшие достойный вклад в развитие советской ракетной техники: С. П. Королев, Ф. А. Цандер, М. К. Тихонравов, Ю. А. Победоносцев и многие другие.

17 августа 1933 г. на полигоне в Нахабино под Москвой сотрудники ГИРД запустили созданную под руководством М. К. Тихонравова ракету «09» со стартовым весом 19 кг — первую советскую ракету, в камере сгорания которой было 3,5 кг жидкого кислорода и 1,5 кг железобразного бензина. При старте двигатель развивал тягу 25—33 кг в течение примерно 10 секунд до разрушения. Высота взлета ракеты, определенная «на глаз», составляла 400 м. Осенью 1933 г. при втором запуске после подъема ракеты на высоту около 100 м взорвался двигатель. Но уже в следующем году ракета поднялась на высоту 1500 м.

В ГИРД Цандер спроектировал два кислородно-бензиновых ЖРД: ОР-2 на тягу 50 кг, предназначавшийся для установки на бесхвостый ракетоплан РП-1, и двигатель с индексом «10» на тягу 70 кг для ракеты «ГИРД Х». Оба двигателя были испытаны учениками Цандера в 1933 г. и подверглись переработке для обеспечения их кратковременной работоспособности.

Ракета «ГИРД Х» со стартовым весом 29 кг и запасом топлива 8 кг была сконструи-

рована под руководством Цандера и запущена 25 ноября 1933 г. Ракета поднялась на высоту примерно 80 м.

В ГИРД создавались также неуправляемые ракеты «07» и «05». В связи с отсутствием двигателя ракета «07» не была испытана до 1935 г., а для ракеты «05» двигатель был заказан ГДЛ. Ракета «05» построена по проекту Тихонравова в 1933 г. Ее стартовый вес 82 кг, запас топлива 33 кг. Двигатель ОРМ-50 с тягой 150 кг на азотнокислотно-керосиновом топливе с химическим зажиганием изготовили в ГДЛ в одном экземпляре. В 1933 г. двигатель успешно прошел стендовые доводочные и сдаточные ресурсные испытания, затем стендовые огневые ресурсные испытания с ракетой «05», а при попытке пуска в 1934 г., в связи с пониженным давлением подачи топлива из баков ракеты, двигатель развил неполную тягу и проработал в пусковом станке 60 секунд, оставшись целым.

Благодаря усилиям С. П. Королева, одним из направлений работ ГИРД стало создание крылатых беспилотных ракет.

Под руководством Ю. А. Победоносцева в ГИРД разрабатывались схемы прямоточного воздушно-реактивного двигателя и была построена аэродинамическая труба со сверхзвуковыми скоростями потока, превышающими скорость звука в 3,2 раза.

В сентябре 1933 г. на базе ГДЛ и ГИРД в Москве был организован Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ).

В стенах РНИИ сложился творческий коллектив советских ракетчиков, которые создали ряд экспериментальных баллистических и крылатых ракет и двигателей. Так, в период с 1934 по 1938 г. были испытаны в полете ракеты различ-

ных типов. В 1939 г. проведены летные испытания крылатой ракеты «212» конструкции Королева с двигателем ОРМ-65. В 1937—1938 гг. осуществлены наземные испытания ракетопланера РП-318 конструкции Королева с жидкостным двигателем ОРМ-65, а в 1940 г. этот ракетопланер с модифицированной версией двигателя ОРМ-65 взлетел ввысь. В 1942 г. летчик Г. Я. Бахчиванджи совершил полет на первом советском ракетном самолете БИ-1, созданным под руководством В. Ф. Болховитинова. На БИ-1 был установлен жидкостный ракетный двигатель тягой 1100 кг (конструкции РНИИ).

Коллектив специалистов по жидкостным ракетным двигателям, выросший в ГДЛ, работал в РНИИ с 1934 по 1938 г. серию экспериментальных двигателей от ОРМ-53 до ОРМ-102 для работы на азотной кислоте и тетранитрометане в качестве окислителей и первый отечественный газогенератор ПГ-1, устойчиво работавший часами на азотной кислоте с керосином и водой.

Двигатель ОРМ-65, прошедший официальные испытания в 1936 г., — это лучший двигатель своего времени. Работал он на азотнокислотно-керосиновом топливе, тяга его регулировалась в пределах 50—175 кг, удельный импульс составлял 210—215 секунд, пуск был ручной и автоматический. Двигатель ОРМ-65 выдерживал до 50 пусков.

С 1939 г. опытно-конструкторские работы по созданию ракетных двигателей были продолжены нами при Авиационном моторостроительном заводе. Наши труды получили развитие, и в 1941 г. группа выросла в самостоятельное Опытно-конструкторское бюро (ОКБ). ОКБ выпустило серию вспомогательных авиаци-



*Обелиск на месте пуска первых советских ракет (станция Нахабино, Рижская железная дорога)*

онных жидкостных ракетных двигателей с насосной подачей азотной кислоты и керосина, с химическим зажиганием, неограниченным числом повторных, полностью автоматизированных пусков, с регулируемой тягой (максимальная тяга у земли от 300 до 900 кг). Эти двигатели, помимо доводочных и официальных стендовых испытаний, прошли с 1943 по 1946 г. около 400 пусков на самолетах Пе-2, Ла-7Р, 120Р, Як-3, Су-6 и Су-7.

Основное ядро ОКБ было укомплектовано высококвалифицированными учеными, конструкторами, экспериментаторами, технологами, металлургами, химиками, производственниками. Опыт и знания, принесенные ими из разных областей науки и техники, позволили ОКБ решать сложные проблемы ракетного двигателестроения.

Успешному развитию наших работ немало способствовало и то, что по моему ходатайству

С. П. Королев был направлен в наше ОКБ. Он горячо взялся за руководство разработкой установки новых двигателей на боевых самолетах и проявил в этой работе блеск своего таланта. С 1942 по 1946 г. Королев был заместителем Главного конструктора двигателей по летным испытаниям. Еще в РНИИ нас связала преданность любимому делу и взаимная заинтересованность в сотрудничестве, так как под его руководством разрабатывались летательные аппараты, а под моим — двигатели для них. Летом 1932 г. и в январе 1933 г. состоялись наши первые встречи, когда в ГДЛ приезжали руководители ГИРД. Мы демонстрировали работу ЖРД на стенде. С тех пор более трети века на всех созданных Королевыми крылатых ракетах, самолетных ракетных двигательных установках, а также многих мощных ракетах, включая все те, которые летали в космос, были

установлены двигатели конструкции ГДЛ—ОКБ.

Неоценимым вкладом в историю отечественной ракетной науки и техники вошли труды ГДЛ, ГИРД и РНИИ. В стенах этих прославленных организаций выросли кадры ракетостроителей, со временем возглавившие самостоятельные опытно-конструкторские бюро и научно-исследовательские организации, усилившие

рых сделали возможными современные достижения советской ракетной техники и космонавтики. Целая сеть научно-исследовательских организаций и опытно-конструкторских бюро по разработке ракет, ракетных двигателей, бортовых и наземных систем управления полетом, комплекса наземного оборудования внесла свой творческий вклад в рождение и развитие ракетно-космиче-

ских систем в нашей стране. Синтез труда этих коллективов поднял советского человека в космос. Решающую роль при этом сыграли высокий уровень промышленного развития Советского Союза, достижения передовой советской науки и самоотверженный труд всего советского народа, руководимого Коммунистической партией и ее ленинским Центральным Комитетом.



## ЛУНОХОД ПРОДОЛЖАЕТ РАБОТАТЬ

Советский автоматический аппарат «Луноход-1», доставленный на Луну 17 ноября 1970 г., давно уже полностью выполнил запланированную программу трехмесячной работы на лунной поверхности. 20 апреля завершился шестой лунный день («Земля и Вселенная», 1971 г., № 3, стр. 55—57).

7 мая 1971 г. «Луноход-1» встретил седьмой лунный рассвет. После предварительной проверки снова начала функционировать научная аппаратура. Были проведены наблюдения с помощью рентгеновского телескопа и радиометра. С 7 по 9 мая проведены три сеанса связи, в которых тщательно изучалась микроструктура лунной поверхности в межкратерной зоне (стереоскопическая съемка). Одновременно со съемкой выполнялся химический анализ лунного грунта. Продолжались измерения интенсивности и углового распределения источников космического рентгеновского излучения. Исследовалась радиационная обстановка на поверхности Луны. 11, 12 и 13 мая продолжались исследования межкратерной зоны. Детальное комплексное исследование трех кратеров, образующих систему, представляет значительный интерес для селеологии.

Несмотря на то, что условия передвижения лунохода значительно усложнились (многочисленные вторичные кратеры, россыпи камней, синучий грунт на крутых склонах

лунных кратеров), все системы автоматического аппарата продолжали работать нормально. Но так как к концу седьмого лунного дня длительность их работы превысила ресурсный срок, было принято решение о переводе «Лунохода-1» в режим малых перемещений. В этом режиме проводились комплексные научные исследования в конце седьмого лунного дня, а 8 июня началась работа по программе восьмого лунного дня. Вполне удовлетворительное состояние бортовых систем и агрегатов лунохода позволило снова проводить научные исследования на Луне в активном режиме. Цель программы, разработанной на восьмой лунный день, заключалась в выходе аппарата в новый район, представляющий наибольший интерес для изучения процесса формирования лунной поверхности. Луноход прошел новые сотни метров и передал на Землю две панорамы лунной поверхности. В последующие дни с борта лунохода также передавались телефотометрические панорамы, с помощью рентгеновского спектрометра определялось содержание основных породообразующих химических элементов. Утром 18 июня были завершены эксперименты и исследования по программе восьмого лунного дня. В конце восьмого лунного дня, пройдя общий путь более 10 км, «Луноход-1» вышел в зону скопления относительно молодых кратеров, размеры которых в диаметре достигали 200 м.

3 июля было проверено состояние бортовых систем и агрегатов лунохода и самоходный аппарат приступил к выполнению программы девятого лунного дня. 6 июля луноход начал движение по очень пологому внутреннему склону старого кратера диаметром около 200 м. Были получены телефотометрические панорамные изображения окружающей лунной поверхности. Выполнялись эксперименты по определению содержания породообразующих элементов лунной поверхности на внутренней стороне кратера. Радиометр лунохода осуществлял контроль радиационной обстановки.

В сеансах связи с луноходом продолжались прием телеметрической информации о результатах измерений характеристик корпускулярного и рентгеновского космического излучения. Результаты измерений космического излучения хорошо согласуются с данными, полученными от автоматических станций «Марс-2» и «Марс-3».

За девятый лунный день автоматический аппарат прошел путь в 220 м. Общий путь, пройденный луноходом, составляет 10237 м.

После восьмимесячной работы все бортовые системы лунохода находятся в удовлетворительном состоянии и позволяют в девятом лунном дне успешно продолжить научные исследования Луны и космического пространства.



«Марс-2», «Марс-3», «Маринер-9» — два советских и один американский космические аппараты — летят к Марсу... Они помогут получить ответы на вопросы, давно стоящие перед исследователями Марса, и, хотим мы или не хотим, поставят новые вопросы, о которых мы еще и не подозреваем, подобно тому как это случалось с аппаратами «Маринер», пролетавшими вблизи красной планеты летом 1969 г. В январе 1971 г. опубликован окончательный отчет по обработке фотографий, сделанных этими аппаратами\*. Получены новые, не всегда легко истолковываемые данные.

Над поверхностью планеты в ряде мест отмечены слои тонкой атмосферной дымки. Попытки представить их математической моделью приводят к выводу, что слой дымки начинается на высоте 4—5 км над поверхностью и имеет эффективную толщину в несколько километров. Эту дымку нельзя объяснить конденсацией атмосферной двуокиси углерода, поскольку такая конденсация, в соответствии с существующими моделями марсианской атмосферы, может происходить лишь на высоте не ниже 20 км. Но это и не пыль, поднятая с поверхности, ее плотность убывала бы с высотой монотонно.

Над отдельными поверхностными образованиями, такими, как Северная полярная шапка, Nix Olympica, также наблюдаются яркие атмосферные детали, возможно, связанные с какими-то местными источниками тепла и воды.

Большая часть исследованной поверхности Марса покрыта кратерами, сходными с лунными, по крайней мере по первому впечатлению. В действительности, однако, сходство с Луной оказывается далеко не полным. На Марсе не обнаружено образований, аналогичных лунным

морям: плотность и распределение по величине у марсианских кратеров близки к наблюдающимся на лунных материках. На исследованной территории Марса нет образований, похожих на лунные кратеры Келлер, Коперник или Тихо, с резко выраженными формами рельефа и системой лучей. Иными словами, крупные кратеры на Марсе подверглись значительной эрозии, в то время как на Луне, наряду со старыми, эродированными, наблюдаются свежие крупные кратеры. Но «малые» кратеры — диаметром около 15 км — на Марсе, в отличие от Луны, не показывают заметных следов эрозии. Еще одно отличие: на Марсе между кратерами поверхность много глаже, чем в материковых областях Луны. По-видимому, на Марсе отсутствуют вторичные кратеры и значительно большую роль, чем на Луне, играет горизонтальный перенос вещества.

Выявлено два типа бескратерных ландшафтов. Хаотический, занимающий область около  $1,5 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup> в Ruyghae Regio, сильно изрытый беспорядочно расположенными хребтами и долинами с большими перепадами высот (высоты определялись по интенсивности линий поглощения CO<sub>2</sub>). Эта область лишена кратеров и, следовательно, должна была образоваться сравнительно недавно. Предполагается, что появление такого ландшафта может быть вызвано уносом вещества из некоторой области и последующим сползанием и сбросом в эту область пород из прилегающих районов, причем все это должно происходить после того, как закончилось формирование кратерных ландшафтов.

Другая бескратерная область — гигантское (диаметром около 1600 км) округлое образование Hellas — лишена каких бы то ни было деталей. Эта область загадочна во многих отношениях: у нее сильно меняется яркость; среди деталей марсианского рельефа, высоты которых измерены по поглощению CO<sub>2</sub>, Hellas — наиболее глубокая депрессия (ниже прилегающей области Nellespoutus на 5,5 км). Граница между Hellas и Hel-

lespoutus четко обозначена сбросами и хребтами, нигде не пересекающими кратеров. Некоторые кратеры накладываются на эти образования. На снимках не видно вала и следов выбросов. Все это приводит к выводу, что Hellas — древнее образование, возникновение которого, также как и отсутствие каких-либо деталей рельефа, остаются загадочными.

За исключением Hellas (как можно отнести к светлым областям), нет связи между яркостью района и плотностью кратеров. На границе «светлой — темной» плотность кратеров не меняется, однако на «светлой» стороне кратеры кажутся более сглаженными. В некоторых районах светлое вещество как будто концентрируется в более низких местах, что естественно, если светлое вещество переносится ветром. На снимках не обнаружено каналов.

Дважды с интервалом в 6 дней фотографировалась Южная полярная шапка. Ее край сильно изрезан, однако характер очертаний сохраняется, по крайней мере в течение 6 дней, следовательно, шапка представляет собой поверхностное, а не атмосферное образование. Во время фотографирования в южном полушарии Марса была весна, однако на снимках нет обычно наблюдающейся с Земли полярной каймы. Не обнаружено различий в виде и числе кратеров в зоне, захватываемой полярной шапкой и освобождающейся при ее «таянии», и в зоне, никогда не покрываемой «снегом». В области, прилегающей к Южному полюсу, рельеф «подавлен». Здесь кратеры меньше, видны неглубокие углубления и квазидельные образования. Возможно, что это — следы многолетних отложений сухого льда, образовавшихся в периоды, когда вследствие прецессии (период прецессии Марса составляет около 50 000 лет) лето в южном полушарии было коротким и холодным.

Число загадок Марса растет, и мы с нетерпением ждем, что принесет нам конец этого года.

\* Journal of Geophysical Research, 76, 2, 1971 г.

## Что такое неклассические проблемы небесной механики

Небесная механика, рассматривающая теорию и законы движения космических объектов, является одним из краеугольных камней современного учения о Вселенной, а ее методологическое значение в познании мира невозможно переоценить. В наши дни, когда от пассивного «живого созерцания» движения небесных тел человечество перешло к активному вторжению в космос, когда законы движения небесных светил стали использоваться для решения задач космической навигации с такой же практической необходимостью, как законы термодинамики или электромагнетизма в наземном транспорте, неизмеримо возросла роль небесной механики и как науки прикладного значения.

Основоположником небесной механики, по справедливости, считается великий английский ученый Исаак Ньютон, открывший во второй половине XVII в. закон всемирного тяготения, ныне хорошо известный каждому читателю еще со школьной скамьи.

Занимаясь изучением всех следствий, вытекающих из закона Ньютона, классическая небесная механика имеет своим главным содержанием исследование движения двух и более материальных точек (тел, очень маленьких по сравнению с расстоянием между ними), находящихся под влиянием только взаимной гравитации (лат. *gravis* — тяжелый). Если таких тел два, то задача носит название «проблемы двух тел». Ее общее ре-

шение получено также И. Ньютоном, который, в частности, теоретически обосновал знаменитые законы движения планет, найденные несколько ранее чисто эмпирическим путем И. Кеплером. При наличии трех («проблема трех тел») и более материальных точек аналогичная задача становится настолько сложной, что несмотря на огромные усилия крупнейших математиков мира решить ее до сих пор не удалось. Как это ни печально, но мы все еще не знаем общих законов движения космических кораблей, притягиваемых одновременно Землей, Луной и Солнцем, и вынуждены довольствоваться приближенным расчетом их траекторий при помощи ЭВМ.

Популярное, но достаточно подробное изложение задач, методов и результатов небесной механики читатель может найти в интересной брошюре «Что такое небесная механика»\*. Здесь же мы остановимся лишь на кратком описании небесномеханических проблем, получивших название «неклассических», уделив основное внимание результатам их исследования за последние 30 лет\*\*.

---

\* Е. А. Гребенников, Ю. А. Рябов. Что такое небесная механика. «Наука», М., 1966 г.

\*\* Читателей, заинтересовавшихся предысторией вопроса, мы отсылаем к серии популярных статей Г. Н. Дубошина, опубликованных в журнале «Мироведение», № 4, 5, 6, 1934 г., № 1, 1935 г.

Возникновение неклассических проблем небесной механики было связано с тем, что по мере уточнения наших сведений о характере движения космических объектов постепенно стали появляться указания на наличие негравитационных факторов, существенно возмущающих движение тел, а иногда и безраздельно управляющих ими даже в присутствии сил гравитации. К упомянутым факторам, породившим соответствующие неклассические проблемы, относятся: влияние сопротивляющейся среды, эффект переменности масс взаимодействующих тел, световая репульсия (лат. *repulso* — отталкивать), электромагнитные силы и релятивистский эффект больших скоростей.

Хорошо известно, что гравитационная сила, испытываемая телом, пропорциональна его массе. Негравитационные же возмущения, как правило, зависят от других параметров (размеры, температура, заряд тела и т. п.). Поэтому относительная роль негравитационных сил растет с уменьшением массы тел. Влияние этих сил на движение мелких частиц распыленной космической материи в большинстве случаев оказывается доминирующим. Именно они определяют процесс эволюции диффузной среды, в ходе которой рождаются такие массивные тела, как планеты и звезды. Уже из сказанного ясно, что основной областью применения результатов исследования неклассических проблем небесной механики является космогония.

Влияние негравитационных сил на движение массивных тел может оказаться существенным лишь при условии, что вызванные ими возмущения носят кумулятивный (лат. *sumulo* — накапливать) характер. За миллионы лет кумулятивные эффекты могли бы радикальным образом повлиять даже на эволюцию планетных орбит. Но вопросы эволюции — опять-таки компетенция космогонии.

В учете негравитационных сил крайне заинтересована космонавтика. Дело в том, что искусственные небесные объекты — пока еще тела малой массы; и на их движение негра-

витационные силы могут оказать заметное влияние в каждый данный момент. Это — и торможение космических кораблей атмосферой, и изменение параметров орбит спутников-баллонов под влиянием светового давления, и возмущения, вызываемые электромагнитными силами. Более того, интерес к распределению космической пыли в межпланетном пространстве, которое, как уже говорилось выше, весьма существенно зависит от негравитационных сил, с развитием космонавтики также вышел за рамки одной космогонии. Теперь эта проблема интересует нас и с точки зрения выбора безопасных трасс космических полетов.

Среди неклассических проблем небесной механики исторически первой была рассмотрена задача движения в сопротивляющейся среде. Последняя, как известно, оказывает на движущееся в ней тело двойное действие. С одной стороны, ударные силы встречных частиц, сталкивающихся с телом, вызывают эффект, аналогичный трению. Обусловленная им сила всегда направлена против скорости движения тела и всегда уменьшает его энергию. Называют эту силу «тормозящей», хотя в реальных условиях она приводит к увеличению скорости движения подверженного ее действию тела. Дело в том, что если одно тело обращается вокруг достаточно массивного другого, то скорость первого будет тем больше, чем меньше размеры его орбиты (иначе центробежная сила не смогла бы противостоять более сильному на близком расстоянии притяжению второго тела). Но с уменьшением размеров орбиты соответствующая ей потенциальная энергия уменьшается быстрее, чем растет кинетическая энергия движущегося по ней тела. Отсюда следует, что уменьшение общей энергии за счет работы «тормозящей» силы должно сопровождаться уменьшением размеров его орбиты, а значит, и увеличением скорости его движения. С развитием космонавтики к этому кажущемуся парадоксу небесной механики было привлечено всеобщее внимание. Известно, что



30 июня 1971 г. исполнилось 60 лет со дня рождения доктора физико-математических наук, профессора Владимира Вячеславовича Радзиевского.

В. В. Радзиевский — крупный специалист по фотогравитационным проблемам небесной механики. Известны его исследования в области космогонии и звездной астрономии.

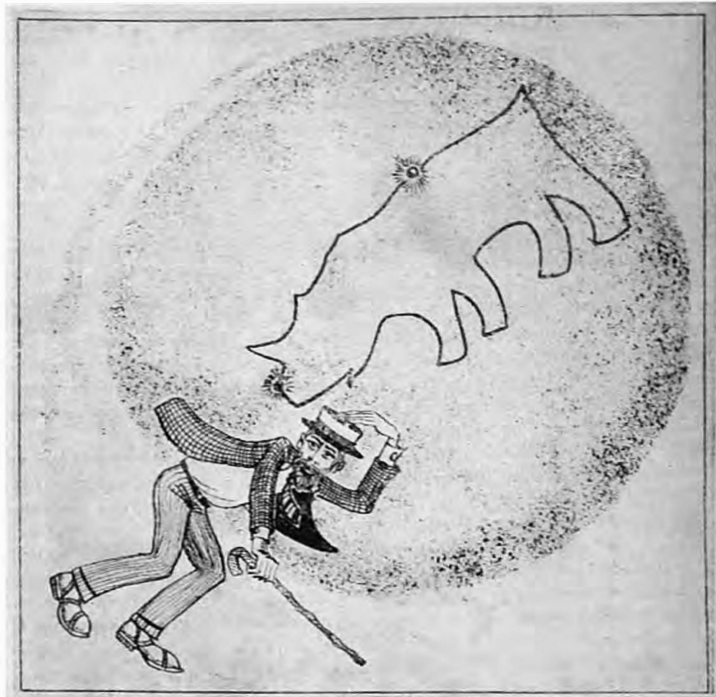
В. В. Радзиевский — заведующий кафедрой астрономии Горьковского педагогического института. Он вице-президент Всесоюзного астрономо-геодезического общества, председатель учебно-методической секции Центрального совета ВАГО, член ряда научно-методических советов и редакционных коллективов.

Редакционная коллегия и редакция «Земли и Вселенной» сердечно поздравляют Владимира Вячеславовича и желают ему доброго здоровья и новых творческих успехов.

под влиянием тормозящего действия атмосферы искусственные спутники нашей планеты постепенно сокращают размеры своих орбит, вплоть до падения на Землю, при одновременном увеличении скорости движения и уменьшении периода обращения.

Другое действие сопротивляющейся среды обусловлено ее гравитацией. Тем не менее учет этого действия принято относить к неклассическим задачам, поскольку его суммарный эффект не может быть сведен к ньютоновому притяжению точечной массы. Рассмотрим гравитацию среды на примере сферической однородной пылевой туманности. Если внутри такой туманности на расстоянии  $R$  от ее центра находится некоторое тело, то оно будет притягиваться к центру с силой, прямо пропорциональной  $R$ , т. е. по закону Гука. Объясняется это тем, что масса внутренней части туманности, от которой зависит притяжение тела, пропорциональна  $R^3$ , а сама сила притяжения обратно пропорциональна  $R^2$ .

Еще в прошлом столетии был известен характер движения одиночного тела внутри однородной гравитирующей туманности. Но лишь в начале 50-х годов нашего века автору этих строк удалось получить общее решение неограниченной задачи трех тел при ньютоно-гуковском взаимодействии, т. е. исследовать движение двух тел, гравитирующих друг с другом по закону Ньютона и притягивающихся к третьему «телу» (в действительности — к центру облака) по закону Гука. Траекторией их движения оказалась чрезвычайно сложная кривая, не имеющая специального названия в геометрии. Интересное свойство найденной кривой состоит в том, что она не может быть разомкнутой (при неограниченной протяженности облака), вследствие чего область действительных движений тел при любых начальных условиях имеет конечные размеры. Практически это означает крайнюю затрудненность распада двойных звезд, погруженных в диффузную среду Галактики. Позже решение задачи трех тел в указанной постановке про-



верялось чешскими астрономами Я. Рупрехтом и В. Ваньсеком, а затем было тщательно исследовано югославским ученым Д. Михайловичем, подтвердившим правильность наших результатов.

Следующая неклассическая проблема небесной механики связана с фактом переменности масс небесных тел. Этот факт привлек к себе внимание исследователей главным образом после открытия П. Н. Лебедевым светового давления и доказательства материальной сущности света. Отныне стало ясно, что световое излучение небесных тел означает потерю ими своей массы. Теоретические основы механики переменных масс были заложены работами И. В. Мещерского, Г. Армелини, Д. Джинса, Г. Н. Дубошина и других. В частности, Джинсом был получен весьма интересный результат: при измене-

нии массы  $m$  центрального тела, большая полуось  $a$  орбиты спутника изменяется так, что произведение  $ma$  («инвариант Джинса») остается постоянным.

В 40-х годах нашего века среди космогонистов господствовало мнение, что за время существования планетной системы масса Солнца уменьшилась в 8—10 раз. Согласно инварианту Джинса, во столько же раз должны были увеличиться и большие полуоси планетных орбит. Но позвольте, — вправе сказать читатель, — ведь излучаемая Солнцем масса создает в его окрестностях сопротивляющуюся среду, которая должна вызывать уменьшение размеров планетных орбит. Какой же из этих двух эффектов будет преобладать и будут ли в конечном счете планеты отходить от Солнца при уменьшении его массы? Проведен-



ное нами в 1951 г. математическое исследование данного вопроса показало, что на первых порах должен был доминировать эффект торможения. Так, радиус орбиты Меркурия уменьшался, пока не достиг минимального значения — 15 млн. км при массе Солнца, в 7 раз превосходящей современную. Затем определяющая роль перешла к эффекту Джинса, и размеры орбиты Меркурия стали возрастать, но увеличились они не в 7 раз, как это следовало бы из инварианта Джинса, а всего лишь в 4 раза. Этот результат — лишний довод в пользу невозможности отделения планет от Солнца.

Весьма обширную группу неклассических проблем небесной механики составляют задачи, решаемые с учетом светового давления. Эти проблемы получили название «фотогравитационных».

Вообще говоря, любую задачу ньютоновой механики можно превратить в фотогравитационную, подставив в исходные уравнения вместо закона Ньютона закон Ньютона — Лебедева, согласно которому сила  $F_{12}$  взаимодействия первого тела на второе выражается формулой:

$$F_{12} = F_g \left( 1 - \frac{BE_1}{r_2^2 \delta_2} \right) = q_{12} F_g.$$

Здесь через  $F_g$  обозначена ньютонова сила тяготения,  $E_1$  — удельное (на единицу массы) излучение первого тела,  $r_2$  и  $\delta_2$  — радиус и плотность второго тела,  $B$  — константа. Величина в скобках, обозначенная через  $q_{12}$  была названа В. Г. Фесенковым коэффициентом редуциции (англ. reduce — ослаблять) массы первого тела, поскольку она характеризует кажущееся уменьшение его притяжения, вызванное световой репульсией. Таким образом, закон Ньютона — Лебедева формально имеет совершенно такой же вид, как и закон всемирного тяготения, только вместо массы первого или второго тела в соответствующую формулу должна быть подставлена редуцированная масса  $m_1 = q_{12} m_1$  или  $m_2 = q_{21} m_2$ .

Следует отметить, что более точ-

ное выражение для силы  $F_{12}$  найдено Г. Робертсоном, содержит еще один член, зависящий от скорости. Описываемая им небольшая сила направлена против движения тела и по своей природе весьма похожа на силу сопротивления среды. Только среда в данном случае — световое поле. Сила Робертсона мало влияет на вид траектории тела в данный момент, но за долгие годы ее действие накапливается и приводит к существенному уменьшению размеров орбиты тела (эффект Пойнтинга — Робертсона).

П. Н. Лебедев обобщил закон Ньютона применительно к конкретному телу — Солнцу, причем произведение  $BE_1$  он записал одним символом, означающим некоторую константу. Это обстоятельство несколько завуалировало общность его закона и способствовало распространению ошибочного мнения о том, что силы отталкивания могут играть существенную роль только при взаимодействии тел малого радиуса с такими горячими телами, как звезды. Эффект взаимодействия звезд с пылевыми частицами действительно представляет большой интерес. Его изучению посвящено огромное число работ, среди которых нужно отметить исследования, выполненные В. Г. Фе-

сенковым, Т. А. Агеяном, В. С. Сафроновым, Н. Б. Дивари и многими другими авторами. Однако, как это видно из приведенной записи закона Ньютона — Лебедева, относительная роль репульсии зависит от величины удельного излучения  $E_1$ , которое, в свою очередь, обратно пропорционально размерам  $r_2$  и плотности излучающего тела  $\delta_2$ :

$$E_1 = 1,7 \cdot 10^{-4} T_1^4$$

где  $T_1$  — эффективная абсолютная температура (все величины в системе CGS).

Вычисление  $E_1$  у различных тел Вселенной приводит к поразительным и на первый взгляд совершенно парадоксальным результатам. В частности, оказывается, что самыми холодными по своему удельному излучению телами Вселенной являются... звезды. Так, удельное излучение Солнца составляет всего 2 эрг/г·сек, в то время как излучение в вакууме космической пылинки радиусом  $10^{-4}$  см и плотностью 3 г/см<sup>3</sup> даже при температуре 273° К, или 0° С, достигает  $3 \cdot 10^9$  эрг/г·сек. Подержите в руке небольшой хлебный шарик, а затем положите его на стол. Остывая до комнатной температуры, он будет в течение нескольких минут



излучать... в миллион раз интенсивнее Солнца (1).

Из приведенных примеров следует, что силы световой репульсии играют гораздо большую роль во Вселенной, чем мы привыкли думать, проживая в той ее области, где, по выражению Энгельса, «...притяжение берет постепенно верх над господствовавшим первоначально отталкиванием».

Но и в условиях солнечной системы силы световой репульсии проявляют себя рядом весьма существенных эффектов. Это — и упоминавшийся уже знаменитый эффект Пойнтинга — Робертсона, и исследованный нами эффект реакции перезлучения неравномерно нагретых тел, способный увеличивать (если «утренняя» сторона тела оказалась передней по ходу его орбитального движения) или уменьшать («вечер — спереди») размеры орбит в сотни раз быстрее, чем эффект Пойнтинга — Робертсона, и многие другие эффекты, с которыми читатели журнала уже знакомы\*.

Но об одном из фотогравитационных эффектов, получившем за последние годы не только дальнейшее теоретическое развитие, но и подтверждение данными наблюдений, хотелось бы рассказать.

Как следует из закона Ньютона — Лебедева, фотогравитационное взаимодействие тел не подчиняется третьей аксиоме Ньютона: тела притягивают друг друга одинаково, а отталкивают сильнее более горячее тело. При достаточно малых размерах или плотностях взаимодействующих тел репульсия со стороны более горячего тела может превзойти гравитацию. В частности, звезда и газопылевая туманность могут двигаться ускоренно в одну и ту же сторону: звезда будет толкать перед собой облако пыли, а последнее — подтягивать звезду, ускоряя ее движение. Очевидно, облако пыли, движущееся перед звездой, должно создавать «пылевую завесу» для наблюдателя, находящегося в апексе звезды (точ-

ке, куда она движется и откуда ее лучевая скорость кажется отрицательной). Недавно было установлено, что подобная «пылевая завеса» возникает и при движении звезд в однородной диффузной среде. Как же проверить правильность этих теоретических предсказаний?

Первое подтверждение существования пылевого экрана между звездой и ее апексом получил Т. А. Агекян с группой своих сотрудников. В 1965 г. они показали, что средний избыток цвета у звезд с положительной лучевой скоростью больше, чем у звезд с отрицательной скоростью.

Другой путь проверки указанного эффекта состоит в сравнении видимого блеска удаляющихся и приближающихся к нам звезд. Результат этого сравнения, недавно выполненного нами с группой сотрудников, показал, что В-звезды с положительной лучевой скоростью в среднем в 2 раза ярче звезд с отрицательной скоростью, причем различие их блеска резко усиливается в местах повышенной плотности пылевой среды (Пояс Гульда и Млечный Путь).

Попутно выяснилось, что пресловутый К-эффект, открытый в 1903 г. Э. Фростом и Ф. Адамсом и состоящий в кажущемся разбегании системы В-звезд, в действительности отсутствует. Средние лучевые скорости, подсчитанные отдельно для приближающихся и удаляющихся звезд, оказались удивительно точно совпадающими друг с другом по величине. Но так как удаляющиеся звезды в 2 раза ярче, то открываем мы их больше, и средняя арифметическая скорость всех звезд получается положительной.

Гораздо сложнее задача взаимодействия пылевой среды с двойными звездами, поскольку достаточно корректное решение задачи может быть выполнено только в рамках проблемы трех тел.

При определенных размерах пылевых частиц они могут отталкиваться яркими компонентами, но притягиваться более холодными спутниками. В таком случае из всех точек орбиты спутника самая удаленная от яркого компонента точка (апоастр) как

будто бы имеет наибольшие шансы на то, чтобы стать центром скопления пылевых частиц. Недавно выполненный теоретический расчет не только подтвердил правильность этой догадки, но и показал, что накопление пыли со стороны апоастра спутника может создать достаточно плотный экран, способный помешать открытию двойных звезд, обращенных к нам апоастрами спутниковых орбит. Так возникло новое объяснение эффекта Барра. Этот эффект обнаружен в 1908 г. у спектрально-двойных звезд и состоит в резком дефиците звезд с апоастрами спутников перед картинной плоскостью.

Существует ли эффект Барра у визуально-двойных звезд? Ответить на этот вопрос довольно трудно, так как долгота  $l$  апоастра  $\alpha$  орбиты спутника отсчитывается у них по ходу орбитального движения от некоторой точки, лежащей к востоку от главного компонента А.

Посмотрите на рисунок, в левой части которого изображена орбита с  $l = 270^\circ$ , а в правой с  $l = 90^\circ$ . Попробуйте-ка решить, пользуясь только этими данными, у какой из двух орбит апоастр находится за плоскостью чертежа? Это вам не удастся, так как вы видите лишь проекции орбит на небесную сферу. Но если заранее предположить, что из-за пылевого экранирования в обоих случаях нами наблюдаются звезды с апоастрами за плоскостью чертежа, то нетрудно ответить на другой вопрос, касающийся направления орбитального движения компонентов: у левой орбиты ( $l = 270^\circ$ ) оно будет прямым, у правой — обратным.

Проведенная недавно обработка статистического материала показала, что у подавляющего большинства визуально-двойных звезд долгота апоастра заключена в пределах  $180-360^\circ$ . Вряд ли можно сомневаться в том, что этот результат свидетельствует о преобладании прямых орбитальных движений у двойных звезд. Таким образом, у нас появилось основание для дискуссии вопроса о существовании генетической связи между солнечной системой и двойными звездами.

\* В. В. Радзиевский. Световое давление в солнечной системе. «Земля и Вселенная», № 3, 1966 г.



Ограниченная задача трех тел (Солнце — планета — пылинка) с учетом светового давления была впервые исследована в начале 50-х годов. Полученные частные решения этой задачи показали, что потенциальным местом скопления космической пы-

ли могут быть так называемые оси либрации. Применительно к Земле, одна из этих осей протянулась от центра Солнца к планете и дальше на 1,5 млн. км. Вторая «ось» имеет форму дуги скружности, лежащей в плоскости эклиптики и стягивающей

угол  $120^\circ$ . Центр этой дуги совпадает с планетой, а вершина — с Солнцем.

Целесообразно ли космическим кораблям избегать прохождений через оси либрации Земли и других планет — должны показать будущие исследования: ведь потенциальная возможность скопления пыли еще не означает наличия ее там в опасных пределах.

Неклассические проблемы, связанные с учетом электромагнитных сил, настолько обширны, многогранны и интересны, что им, вероятно, придется посвятить специальную статью. Что же касается релятивистских эффектов, то до недавнего времени они представляли чисто теоретический интерес и наблюдались лишь в исключительных случаях. Однако не за горами то время, когда человечество порвет оковы солнечного притяжения и устремит свой путь к звездам и другим галактикам. Проблема полетов космических ракет со световыми скоростями будет решаться, очевидно, с позиций релятивистской небесной механики.

Рисунки В. ЛОВЧУКА



## ГРАНИЦА МОХОРОВИЧИЧА — ПОВЕРХНОСТЬ ИЛИ СЛОЙ?

Всюду земной шар покрыт тонкой, по сравнению с его радиусом, жесткой пленкой — корой. Она очень разная и в океанах, и на материковых равнинах, и в горах. Но в одном одинакова: везде наблюдается резкий переход от коры к мантии — раздел Мохоровичича (раздел М).

Большинство геофизиков теперь единодушны, что это отнюдь не «математическая поверхность», не «граница», а скорее «нейтральная полоса», переходный слой, хотя и тонкий. Над ним сейсмические скорости, как правило, меньше  $7-7,5$  км/сек, под ним — более  $8,0$  км/сек.

Но как именно происходит переход? Оказывается, сейсмические волны, которые падают на раздел М вертикально, наиболее чувствитель-

ны к свойствам границы. Если послать вглубь сигнал, имеющий равномерный спектр, т. е. одинаковую амплитуду в широкой полосе частот, то отклик границы на этот сигнал — спектр отраженной волны — раскроет тонкую структуру перехода.

Чтобы понять строение раздела М в Южной Альберте (Канада), сейсмологи сравнили спектры зарегистрированной волны со спектрами сигналов, рассчитанных для разных моделей перехода. Испытали вариант без переходного слоя — плоская зеркальная граница с «мгновенными» резкими скачками скорости от  $7,3$  до  $8,3$  км/сек. Выяснилось, что теоретические спектры отражений для этого варианта не имеют типичного

Тогда ввели толквой ( $0,5-0,8$  км) переходный слой с разными вариантами увеличения скорости. Разумеется, время пробега волны по вертикали во всех вариантах одинаково. Получили линейный рост скорости с постоянным градиентом: трехступенчатый с небольшими скачками на каждой ступени.

И наконец, экзотический вариант: «слоеный пирог» из двух чередующихся слоев с большой скоростью ( $8,3$  км/сек) и двух — с маленькой скоростью ( $7,3$  км/сек). Именно этот вариант «прошел» лучше всего по всем категориям сравнения: по виду сигнала, форме спектра, степени ослабления амплитуд с частотой, соотношению уровня отражений от мелкой и глубокой границ. Такой слой может образоваться при зонной плавке или при неполной гравитационной дифференциации вещества мантии.

«Journal of Geophysical Research», 75, 32, 1970.

Д. Я. МАРТЫНОВ  
профессор



# Астрономия середины XX столетия

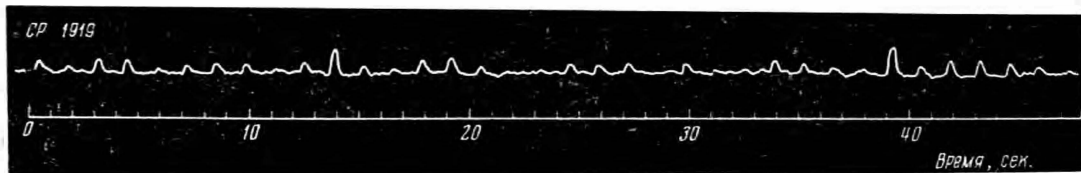
Из мира огромных галактик перенесемся теперь в мир тел, ничтожных по размерам, но значительных по своему положению крайнего звена звездной эволюции. Это — пульсары, открытием которых мы также обязаны радиоастрономии.

Пульсары были открыты в конце 1967 г. Э. Хьюишем и Ж. Белл в Кэмбридже, так сказать, попутно, при исследовании мерцания радиоисточников на неоднородностях межзвездной плазмы. Были обнаружены точечные объекты, невидимые в оптической области спектра, которые с исключительной регулярностью посылали радиовсплески с периодами порядка 1 секунды. Их назвали пульсарами и первоначально сочли результатом пульсации белых карликов. Но когда нашлись пульсары с периодами, значительно меньшими (до 0,033 секунды), пришлось отказаться от этого объяснения: белые карлики слишком велики для столь быстрых пульсаций. Тогда теоретики не без удовольствия вспомнили, что уже давно, больше трети века назад, Л. Д. Ландау предвидел возмож-

Окончание. Начало см. «Земля и Вселенная», № 3, 1971

ность существования так называемых нейтронных звезд, у которых под воздействием колоссальных давлений все атомы и ионы сливаются с электронами и образуют нейтронный газ, где между частицами нет сил электрического отталкивания, и поэтому они могут укладываться столь тесно, что результирующая плотность вещества оказывается порядка  $10^{14}$  г/см<sup>3</sup> (полмиллиарда тонн в объеме спичечной коробки!). Если нейтронная звезда имеет массу такую же, как Солнце, то диаметр ее будет порядка 30 км. Это — размеры не планеты даже, а небольшого астероида, но количество вещества в нейтронной звезде огромно.

Правда, пульсации такой звезды должны быть более быстрыми, чем наблюдаются у пульсаров, но зато вполне допустимо, что повторяемость радиовсплесков пульсара отражает вращение нейтронной звезды. Вращение с периодом  $1/30$  секунды у столь малой звезды вполне возможно. Оно не разрушает звезду. В силу закона сохранения вращательного момента оно естественно для звезды первоначально нормальной, а затем сжавшейся в процессе эволю-



ци до размеров астероида. Существующие теории допускают возможность такого сжатия как частный случай звездной эволюции.

Из 55 известных нам сегодня пульсаров один виден в оптической области спектра, он излучает также в инфракрасных, ультрафиолетовых и рентгеновских лучах, и во всех этих областях электромагнитного излучения его пульсирует с периодом 33 миллисекунды. Этот пульсар расположен в центре Крабовидной туманности, которая, как это мы достоверно знаем, является остатком вспышки Сверхновой 1054 года. Естественно допустить, что нейтронная звезда есть конечный этап звезды, чья эволюция привела к внезапному высвобождению огромного количества энергии порядка  $10^{50}$  эрг; причина — коллапс звезды, т. е. сжатие ее до ничтожных размеров. Другие (хотя и не все) Сверхновые звезды оставили после себя мощное радиоизлучение, подобное радиоизлучению Крабовидной туманности, как например самый мощный из всех дискретных радиосточников — Кассиопея А. Обследованы многие области, в которых предположительно вспыхивали Сверхновые, но только вблизи места, где наблюдалась вспышка Сверхновой 1006 года, в созвездии Парусов открыт пульсар. Остальные несколько случаев весьма сомнительны.

Как известно, звезды существуют за счет термоядерных реакций, дающих большой выход энергии. Но этот процесс приводит к истощению «топлива». Сначала водород превращается в гелий, потом гелий превращается в углерод. Когда температура в недрах звезды достигает 100 млн.

градусов, происходят реакции синтеза более тяжелых элементов, но эти реакции мало продуктивны. Ядерное горючее звезды исчерпывается, и ее излучение может быть в течение недолгого времени поддержано запасами тепла, но в основном оно идет за счет гравитационной энергии.

Звезда сжимается. Недра ее разогреваются еще больше, и тут начинаются ядерные реакции, которые забирают выделяющуюся гравитационную энергию. Тенденция к сжатию усиливается, и сжатие идет «в разнос». Быть может, на этой именно стадии происходит вспышка Сверхновой, а следующая звезда, достигнув размеров 20—30 км в поперечнике (плотность  $10^{14}$  г/см<sup>3</sup>), обладает на поверхности столь мощным гравитационным полем, что световые и иные электромагнитные кванты не могут покинуть звезду. Звезда становится невидимой. Единственной формой ее общения с остальным миром остается тяготение. Предельный радиус, при котором это происходит так называемый шварцшильдовский, или гравитационный радиус, определяется формулой:

$$R_{\text{lim}} = \frac{2GM}{c^2},$$

где  $G$  — гравитационная постоянная,  $M$  — масса звезды,  $c$  — скорость света.

Гравитационный радиус Солнца равен 3 км, следовательно, нейтронные звезды с массой Солнца и радиусом 10—15 км не погали еще в гравитационный коллапс. Но могло случиться и так, что вспышка Сверхновой привела звезду к столь малым размерам, что гравитационный коллапс ее состоялся. В этом случае ис-

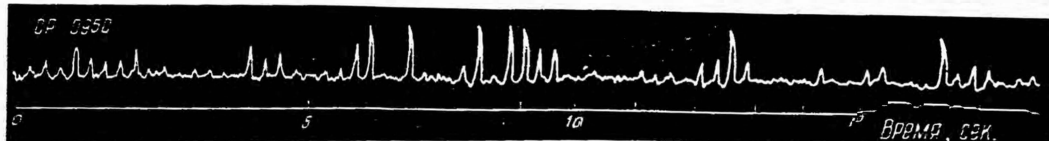
кать на месте Сверхновой очень плотную звезду бесполезно. Альтернативный вариант: взрыв при вспышке Сверхновой разрушил звезду, разбросав ее вещество в окружающее пространство. И в этом случае поиски остатков ее не могут привести к открытию пульсара.

Пульсар Крабовидной туманности NP 0532 — драгоценная находка для современной астрофизики. Он испускает пульсирующее излучение во всех диапазонах и он же, по-видимому, управляет излучением самой туманности. Излучение Крабовидной туманности нетепловое. Механизм синхротронного излучения вполне подходит к данному случаю. Но чтобы поддерживать излучение туманности, необходим постоянно действующий источник релятивистских электронов, и он долго оставался скрытым от нас. Теперь мы знаем его — это энергия вращения пульсара.

Пульсар NP 0532, как и многие другие, испытывает неуклонное замедление вращения. При этом уменьшение энергии вращения довольно точно совпадает с энергией излучения всей Крабовидной туманности. Поэтому надо думать, что именно пульсар поставляет туманности релятивистские электроны. Как это делается?

Если не требовать количественных расчетов, то наиболее общепризнанной гипотезой для объяснения пульсаров служит гипотеза наклонного ротора, в которой существенную роль играет несопадение оси вращения звезды с магнитной осью. Довольно значительное магнитное поле пульсара управляет движением электронов, не позволяя им двигаться беспорядочно. Когда электроны, выброшенные с поверхности (на периферии нейтронной звезды электро-

Первые записи радиоизлучения пульсаров CP 1919 и CP 0950, периоды которых соответственно равны 1,3373018 и 0,2530646 секунды



ны могут существовать), удаляются от звезды, они движутся вдоль магнитных силовых линий, вращающихся вместе с звездой. Если на поверхности звезды (у экватора) линейная скорость вращения равна 5—6 тыс. км/сек, то на расстоянии, в 100 раз большем (т. е. всего лишь 1000 км), она будет близка к скорости света, так что электрон становится релятивистским и в таком виде выбрасывается в туманность.

До того как потерять связь с звездой, электрон дает узконаправленное синхротронное излучение, которое встречает земного наблюдателя с периодичностью, равной периодичности вращения звезды. Такая периодическая переменность не возникла бы при совпадении магнитной оси с осью вращения.

Открытие пульсаров поставило перед астрофизиками множество вопросов. С одной стороны, это вопросы, касающиеся физических свойств вещества в сверхплотном состоянии, собранного в объеме шара радиусом 10—30 км. Теория не безмолвствует по этому поводу, но и далеко еще не сказала своего последнего слова, хотя по теории пульсаров уже опубликованы сотни работ и проведен добрый десяток конференций. Это относится и к вопросу об ускорении электронов до релятивистских скоростей. Механизм, описанный выше, не является единственным возможным. Да и соображения о возникновении нейтронных звезд, высказанные здесь, требуют очень строгой проверки. Трудно сказать, сколько на все это уйдет времени. И пожалуй, надежда увидеть решение всех этих проблем к концу столетия выглядит оптимистической.

В самом деле, несравненно более легкая задача теории внутреннего строения и эволюции нормальных звезд пробивала себе дорогу в начале нашего столетия свыше тридцати лет. На первый взгляд эта теория не должна отличаться сложностью. Общие термодинамические соображения и правильное представление о физическом строении материи при высоких температурах и давлении, а также применение тео-

рии лучистого переноса казались бы достаточными для решения задачи. Но оказывалось, что теория в столь резкой форме не выдерживала сравнения с наблюдаемыми интегральными характеристиками звезд, что виднейший исследователь в этой области А. Эддингтон не раз в недоумении задавался вопросом: «Почему мы не можем понять столь простую вещь как звезда?» (цитирую по памяти.— Д. М.).

Однако теория стояла на прочном основании и потребовались лишь два существенных добавления к ней, чтобы достигнуть согласия с наблюдениями. Это были — правильная оценка роли водорода, как элемента, преобладающего во Вселенной и звездах, и открытие термоядерных реакций, как энергетической основы существования звезды. К 40-м годам фундамент теории внутреннего строения звезд был заложен и дальнейшее развитие ее относилось к выяснению различий структуры звезд разных типов и к построению теории звездной эволюции и синтеза тяжелых элементов, потому что нигде больше, кроме звездных недр, нет места, где бы осуществлялся подобный синтез, по крайней мере в рамках известных сейчас физических законов.

Мощные вычислительные средства, полученные наукой благодаря ЭВМ, позволили определить эволюционные пути звезд от стадии сгущения диффузной межзвездной материи, к стадии термоядерного синтеза гелия из водорода, во время которой звезда длительно пребывает на главной последовательности, через скоротечную и не всегда обязательную стадию гиганта, когда в центре образуется изотермическое гелиевое ядро. Вслед за стадией гиганта возможна гелиевая вспышка — бурный, но кратковременный синтез углерода из гелия при температуре свыше 100 млн. градусов. Затем возможно новое разогревание звезды, и лишь когда все ядерные источники энергии у звезды исчерпаются, звезда начнет новое существование за счет запасов тепловой энергии или будет сжиматься, чтобы поддерживать свое

излучение за счет гравитационной энергии. Так она достигает состояния белого карлика, причем, если ее первоначальная масса была велика, то для сохранения звезды в механическом равновесии ей нужно освободиться от избыточной массы постепенно или сразу. В последнем случае возможна вспышка, которая для нас будет выглядеть как явление Новой звезды. Белый карлик имеет значительную массу, а размеры — планеты, так что плотность вещества в нем, особенно в центре, очень велика (больше и много больше  $10^6$  г/см<sup>3</sup>). Сомнительно, чтобы развитие такой звезды приводило к образованию нейтронных звезд. Как мы видели выше, имеются признаки связи нейтронных звезд со вспышками Сверхновых.

В теории внутреннего строения звезд за последнее полувековье были достигнуты очень большие успехи. Любопытно, что современная теория возникла из старой, созданной в конце прошлого и в начале нынешнего столетия. В ней предусматривалось интенсивное перемешивание (конвекция) вещества внутри звезды, и именно такой конвективный перенос материи давал выход внутреннему теплу. Новая теория опиралась на лучистый перенос энергии, но после первоначальных больших успехов эта идея потребовала поправок: в ряде случаев непрозрачность звездной материи была настолько велика, что вынос всего тепла, рождавшегося близ центра звезды, только посредством лучистой энергии оказался недостаточен и пришлось обратиться за помощью все к тому же конвективному переносу. Конвекция, вытесненная из теории в 20-х годах, вернулась в нее в конце 30-х годов на новой основе.

И все же в благополучной картине внутреннего строения звезд, по нашим современным представлениям, есть одно темное место. Если термоядерные реакции синтеза гелия из водорода действительно являются источником энергии звезды на самой длительной стадии ее существования, то при всех возможных вариантах этих реакций должен быть не-



который минимальный поток нейтрино, исходящий из звезды. Хотя нейтрино очень трудно уловить, современная техника вплотную подошла к тому, чтобы обнаружить поток нейтрино, исходящий из Солнца, посредством очень сложного эксперимента. Однако поставленный эксперимент дал отрицательный ответ\*. Если этот ответ будет повторен при повышении чувствительности эксперимента, придется задуматься: а действительно ли термоядерные реакции лежат в основе существования звезды? Наоборот, если солнечные нейтрино обнаружат, то это будут нейтрино, вышедшие из самых глубоких недр Солнца, и мы получим из «первых рук» информацию о физических свойствах вещества, находящегося там.

Целиком рассматриваемому периоду принадлежат экспериментальная и теоретическая разработки вопроса о межзвездной материи. В 1904 г. в спектрах тесных двойных звезд среди меняющихся свое положение линий были открыты стационарные линии кальция. Потребовалось не менее 15 лет, чтобы установить их происхождение от межзвездного, а не околозвездного кальция. Тем самым было доказано, что пространство между звездами заполнено неким субстратом — единичными атомами кальция. Вскоре были открыты межзвездные атомы натрия, а затем железа, титана и даже молекулы CN и CN.

Теоретическая атомная физика и спектроскопия успешно помогли освоить спектральные наблюдения межзвездной материи и дать им количественную интерпретацию. В частности, теория объяснила, почему самый распространенный элемент в космосе — водород не был обнаружен такими наблюдениями. На самом деле его нашли много раньше в газовых, диффузных и планетарных туманностях. Но эти объекты рассматривались индивидуально, а не как сгущения межзвездной материи,

удачно (или по общности происхождения) расположенные около горячих звезд. Именно жесткое ультрафиолетовое излучение очень горячих звезд (20 000 градусов и выше) вызывает ионизацию окружающего газа и свечение его, когда электроны вновь объединяются с протонами. Теория неутомимо требовала, чтобы нейтральные атомы водорода в количестве около одного на  $1 \text{ см}^3$  присутствовали в межзвездном пространстве. Но честь их обнаружения опять принадлежит радиоастрономии.

Если таково именно содержание водорода в пространстве, то на протяжении сотен и тысяч световых лет луч зрения радиотелескопа встретит в нашей Галактике  $10^{21}$  атомов/см<sup>2</sup> водорода в невозбужденном состоянии. Это состояние имеет два уровня. Хотя и очень редко, но атом водорода может переходить с верхнего уровня на нижний, испуская квант с частотой 1420 Мгц. А  $10^{21}$  атомов/см<sup>2</sup> испустят таких квантов в количестве, достаточном, чтобы их обнаружить радиофизическими средствами. Расчет был подтвержден открытием в 1951 г. знаменитой «линии на 21 см», наблюдения которой дали возможность определить распределение межзвездного вещества в Галактике и его движение, включая упоминавшееся выше истечение его из центра Галактики и обнаруженное в самое последнее время втеkanie в Галактику водорода из метagalактического пространства.

Но кроме газовой составляющей в межзвездном пространстве есть еще пылевая составляющая. Ее существование подозревалось давно. Занимаясь изучением распределения звезд в пространстве, астрономы опасались межзвездной пыли, так как знали о способности весьма мелкой пыли необычайно сильно поглощать свет. Их отношение к наличию пыли в пространстве Галактики можно сравнить с ответом одной английской дамы на вопрос, верит ли она в привидения. Согласно анекдоту, она ответила: «Я в них не верю, но я их боюсь».

«Привидение» стало реальностью в конце 20-х годов, когда оказалась

невозможным понять распределение звездных скоплений в Галактике иначе, как допустив, что вблизи основной ее плоскости по обе стороны располагается много пылевой материи. Отдельные наиболее плотные сгущения пыли — «угольные мешки» — хорошо видны на звездном фоне Млечного Пути. Много фактов, ранее непонятных, получили объяснение, когда астрономия включила в рассмотрение космическую пыль, и в первую очередь стали ясными размеры нашей Галактики, прежде сильно преувеличенные. Стало ясно, почему мы не видим центральных областей Галактики, а воспринимаем одни лишь радиоволны, которые свободно, без поглощения, распространяясь и через пыль, дают нам сведения о материи у галактического ядра.

Что касается химического состава межзвездной пыли, то первоначально думали, что она состоит из кристалликов железа. Но атомы железа не так уж часто встречаются в природе. Гораздо более распространен углерод, а из углерода могут образоваться кристаллы графита. Графитовые зерна неплохо объясняют те изменения света звезд, которые наблюдаются фактически, особенно, если считать, что на графит оседают, образуя твердую оболочку, органические молекулы, например молекулы воды или формальдегида. А недавно выяснилось, что и простейшие силикатные соединения могут давать кристаллики межзвездной пыли — предположение тем более правдоподобное, что кремний тоже широко распространен в космосе.

В настоящее время, главным образом методами радиоастрономии, обнаружено в межзвездном газе около 10 видов молекул и радикалов. На очереди стоит открытие молекулярного водорода, который должен встречаться в межзвездном пространстве в большом количестве. Первые признаки обнаружения водорода методами заатмосферной астрономии уже появились. Таким образом, межзвездное пространство заполнено веществом, химический состав которого вполне подобен со-

\* Д. Я. Мартынов. Что бесплокт астрофизиков. «Земля и Вселенная», № 1, 1971 г.

ставу вещества звезд и, в частности, Солнца.

Но физические условия резко различаются. Во-первых, межзвездное вещество очень разрежено — плотность, как правило,  $10^{-24}$  г/см<sup>3</sup>. Во-вторых, межзвездное вещество непрерывно находится под воздействием излучения звезд, плотность которого невелика, но в нем содержатся отдельные энергичные кванты. Часть этих квантов блокируется атомами водорода, так что вдаль от горячих звезд газ нагревается очень слабо и был бы очень холодным (с температурой в несколько градусов от абсолютного нуля), если бы не существовали в межзвездной среде космические лучи. Частицы космических лучей движутся с огромными скоростями. Их ничто не может задержать, кроме прямого столкновения с медленными частицами межзвездного газа. Плотность космических лучей в Галактике составляет около  $10^{-10}$  частиц/см<sup>3</sup>, а плотность энергии, которую они несут с собой,  $10^{-12}$  эрг/см<sup>3</sup>, что почти равняется средней плотности энергии звездного излучения.

Естественно, что относительная роль космических лучей в «жизнедеятельности» Галактики велика. Именно они, тормозясь в магнитном поле, поддерживают диффузное нетепловое радиоизлучение Галактики. Такое же излучение мы наблюдаем и от близких к нам галактик. Но в межгалактическом пространстве космические лучи или вовсе отсутствуют, или имеют несравненно меньшую плотность. Общее магнитное поле Галактики удерживает заряженные частицы от разлетаия в межгалактическое пространство. Лишь после сотен миллионов лет блуждания внутри Галактики космическим лучам, уже ослабленным энергетически, удается выбраться за ее пределы. Но все-таки они выбираются и их количество в Галактике уменьшается. Поэтому нужно искать в Галактике новые источники космических лучей. Такими источниками могут быть вспышки Сверхновых звезд. Действительно, вспышка Сверхновой — нечто грандиозное как по эф-

фекту, так и по последствиям. Почти всегда такая вспышка приводит к взрыву, к разбрасыванию всего, или части, вещества звезды, иногда, может быть, приводит к погребению остатков звезды в «гравитационной яме», когда при коллапсе радиус звезды станет меньше шварцшильдского. При этом выделяется до  $10^{45}$ — $10^{50}$  эрг. Если в среднем  $10^{49}$  эрг передается выбрасываемым космическим лучам, то при среднем числе вспышек — одна за 30 лет — обесценивается существующая сейчас мощность космических лучей в Галактике —  $10^{40}$  эрг/сек. Но в ядре Галактики могут быть взрывы несравненно более мощные, которые случаются много реже — один за 10 или 100 млн. лет — и которые в свою очередь могут существенно восполнять убыль космических лучей.

Для проблемы эволюции небесных тел в Галактике существенно важно то, что Сверхновые (и в гораздо меньшей степени Новые) звезды выбрасывают вещество из своих недр, где в результате термоядерных реакций образовались сложные атомные ядра из простейших. Именно таким образом обогащается межзвездное пространство тяжелыми элементами, которые затем входят в состав звезд следующих поколений при сгущении межзвездного газа и пыли.

Мы не представляем себе деталей этого процесса. Образуются ли звезды в одиночку или обязательно должны возникать грандиозные скопления межзвездного вещества, порождающие звездные ассоциации и более компактные звездные скопления? У нас даже нет еще вполне надежных критериев возраста звезд или звездных объединений. Правда, мы отличаем очень молодые звезды от очень старых. Но если бы, например, мы не знали возраста Земли, мы не могли бы сказать, каков возраст Солнца — 1 или 5 млрд. лет. Нам известно твердо, что звезды в Галактике образуются и в наши дни и, кажется, мы наблюдаем внутри газо-пылевых туманностей конденсацию диффузного вещества в звезды. Но для полной уверенности в этом

нужно время и притом долгое: жизнь человека — всего лишь мгновение в жизни звезды.

Идея развития господствует сейчас в астрономии. Всякий раз, как мы сталкиваемся с каким-либо новым объектом, мы задаемся вопросом: из чего он возник и чем станет впоследствии? И лишь в том случае, когда мы думаем, что имеем правильный ответ на этот вопрос, мы чувствуем себя удовлетворенными и переходим к следующей задаче.

Одна из старейших эволюционных проблем в астрономии — происхождение солнечной системы, к сожалению, не такова. Десятки космогонических гипотез были выдвинуты за два последних столетия, но ни одна из них не приобрела репутации законченной научной теории. Не следует из-за этого впадать в уныние. От первоначальной космогонической гипотезы Канта мало что сохранилось до наших дней, если говорить о деталях, но его гениальная идея о гравитационной конденсации пылевых космических масс и последующей дифференциации их дошла до нашего времени в виде, обогащенном работой многих выдающихся представителей нашей науки и общим развитием естествознания. Сейчас космогонические гипотезы строятся на основе не только механических представлений, как это было во времена Канта и Лапласа, но с учетом общих и частных представлений физики, химии, геологии и других наук. Небесная механика с первых шагов своих была точной наукой, но ее применения оказывались порой затруднительными из-за необходимости вести очень длинные вычисления. Сейчас эта трудность отпала. Электронно-вычислительные машины делают возможным предсказание движения отдельных небесных тел или материальных точек в самых сложных условиях и с любой достижимой для современной астрономии точностью — вплоть до точности мягкой посадки корабля на Луну или Венеру. Но образование солнечной системы одними небесномеханическими средствами не описать! Последние десятилетия выявили большую роль

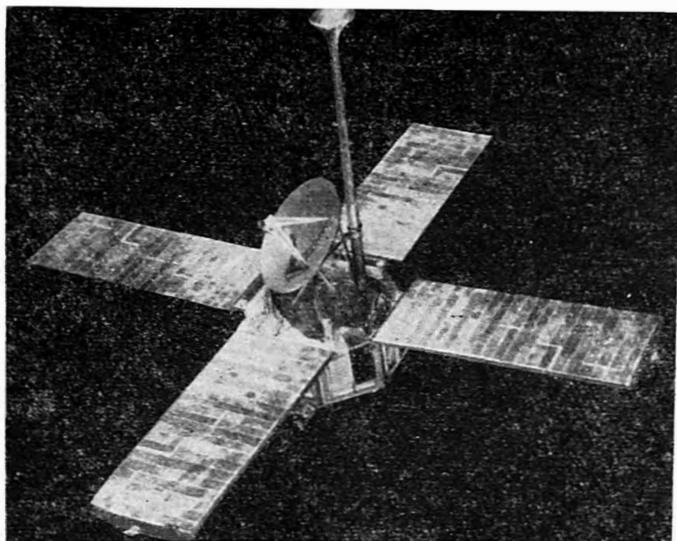
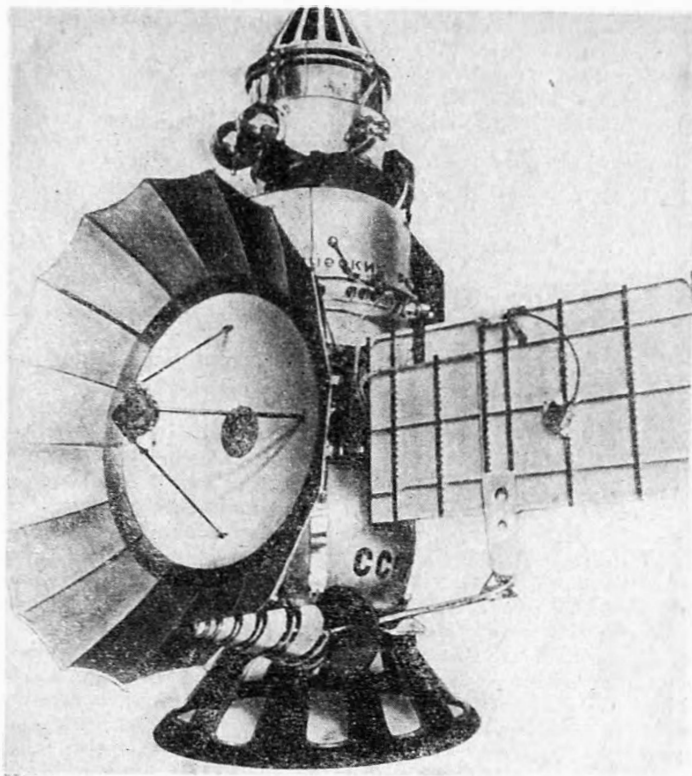
*Автоматическая межпланетная станция «Венера-7» — посланец Земли, достигший поверхности Венеры.*

которую играют в космических процессах магнитные поля. Возможно, их роль была значительна и при образовании солнечной системы. По-видимому, доказанным следует считать, что планеты образовались из холодной материи и лишь впоследствии их недра были разогреты.

В решении вопроса о возникновении солнечной системы мы вправе ожидать существенного прогресса еще до окончания столетия. Одним из факторов, благоприятствующих этому, являются потрясающие успехи в исследовании космического пространства, которых человечество достигло за последнее десятилетие. Впрочем, и радиоастрономия, а также развитие теоретических представлений о физике атмосферы и ионосферы сыграли немалую роль в необычайном обогащении наших знаний по физике планет.

Совершенно изменились представления наши о физических условиях на Венере. Ранее результаты измерений температуры на внешней границе облачного слоя Венеры довольно не критично распространялись в глубину атмосферы и представляли невидимую из-за облаков поверхность планеты как умеренно теплую, почти благодатную для развития жизни. Измерения радиопотока, идущего от поверхности планеты, полностью разрушили эту иллюзию, так как обнаружили температуру свыше  $+450^{\circ}\text{C}$ . Но для того, чтобы такая температура могла поддерживаться, нужна необычайно мощная атмосфера, давление которой у поверхности составляет 70—100 атм, и эта атмосфера должна содержать очень много углекислого газа и (или) водяных паров.

*Один из космических аппаратов серии «Маринер», фотографировавший Марс с близкого расстояния*



Углекислый газ спектроскописты нашли на Венере давно. Вода оставалась спорной. Точный, без двусмысленностей ответ о химическом составе атмосферы Венеры дали полеты автоматических межпланетных станций «Венера-4, -5, -6 и -7», пришедших нам информацию о физических условиях на Венере ниже облачного слоя. Они подтвердили высокое значение температуры и давления, сильное преобладание углекислого газа, указали на очень бедное содержание озона, кислорода и скромное — воды, т. е. полное несходство с атмосферой Земли. Почему так? — возникает невольный вопрос, но ответа на него пока нет. Быть может, более детальные исследования с помощью космических аппаратов позволят найти ответ.

Крупным событием было обнаружение медленного обратного вращения Венеры вокруг оси. Этот факт был установлен радиолокацией.

Представления наши о Марсе также изменились, правда, не слишком резко. Облетавшие его автоматические аппараты «Маринер-4, -6 и -7» доставили прекрасные фотографии поверхности планеты. Эти фотографии опровергли реальность марсианских каналов и показали, что поверхность Марса покрыта многочисленными кратерами и цирками, подобными лунным, только с несколько более мягкими очертаниями. Те же автоматические аппараты подтвердили вывод спектроскопистов о чрезвычайной разреженности атмосферы Марса, основным газом которой является опять углекислый газ. Но вопрос о природе полярных шапок Марса остается и поныне открытым. А между тем он очень важен: если на Марсе есть вода, то планета может быть обиталищем жизни хотя бы в примитивных формах.

Очень существенные изменения в наши представления о физической природе Юпитера внесли радионаблюдения, показавшие рост температуры с глубиной погружения в атмосферу планеты, так что низкая температура Юпитера, известная с 20-х годов нашего столетия, есть

принадлежность верхней границы его могучей атмосферы, как и в случае Венеры. Еще более важным было открытие на дециметровых и более длинных волнах мощного нетеплового излучения, которое приходится приписать синхротронному механизму, при наличии сильного магнитного поля планеты. Переменная поляризация этого излучения указывает на несовпадение магнитной оси планеты с осью вращения (на  $10^\circ$ ) и на вращение магнитного поля ее с периодом, который практически совпадает с периодом вращения атмосферы вдали от экватора планеты. У магнитного поля Юпитера должен быть некий материальный носитель, или регулятор, и тогда следует признать, что внутри Юпитера должны быть некие структуры, твердо удерживающие магнитное поле и неоднородности по долготе, которые, в частности, поддерживают существование известного в течение трех столетий Красного Пятна. Все эти явления далеко не поняты нами до конца и, вероятно, лишь посылка автоматических станций в окрестности Юпитера поможет их разгадке.

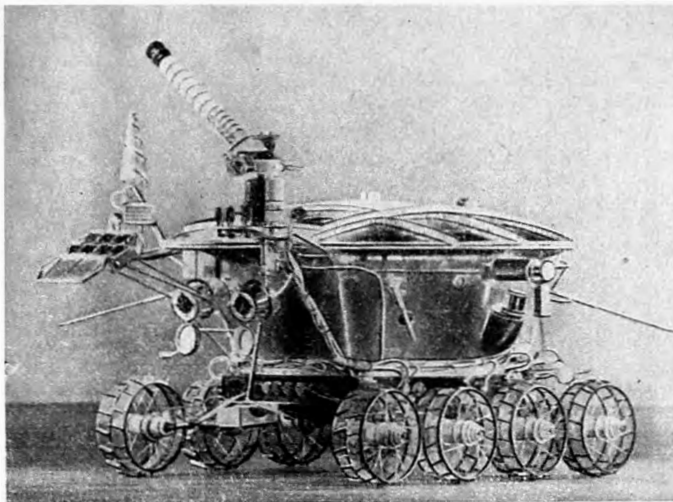
Луна стала предметом наиболее интенсивного исследования методами заатмосферной астрономии вплоть до посылки на нее автоматических аппаратов, высадки на нее трех команд космонавтов («Аполлон-11, -12 и -14») и посадки буровой лаборатории с обратным возвращением на Землю полностью автоматически («Луна-16»). Поверхность Луны бороздит самоходный аппарат «Луноход-1», доставленный на нее «Луной-17» и управляемый с Земли. Все эти эпохальные полеты привели к почти полной морфологической изученности поверхности Луны вплоть до мелких деталей, к проведению непосредственного химического анализа лунного грунта, к констатации упругих возмущений в лунной коре, вызываемых ударами метеоритов и тектоническими процессами. Едва ли не важнейшим итогом всех этих исследований можно считать прекращение более чем полувекового спора о природе факторов, сформировавших поверхность Луны, — метеориты

или вулканы? Ответ примиряющий: и то, и другое. Вулканизм подтверждается не только наличием на Луне соответствующих форм, например лавовых потоков, но и анализом пород, слагающих лунную поверхность. Это — те же породы, которые мы называем на Земле магматическими, только с несколько иным химическим составом. Метеоритный фактор доказывается ударными колебаниями грунта, зарегистрированными сейсмографом, разрушением и стиранием древних образований на Луне. Ценным явилось определение возраста поверхностных лунных пород — до 4,5 млрд. лет. Таков же возраст и самых древних пород на Земле.

Конечно, исследования Луны путем посылки на нее автоматических станций и кораблей с командой будут продолжаться и будут приносить нам все больше деталей, и это тем более важно, что обещает ближе познакомиться нас с первозданными формами существования тел солнечной системы. Еще один вопрос общеприродного значения — о существовании жизни вне Земли — все еще не решается. Если простейшие формы, подобные земным, вполне могут быть предметом поиска на Марсе, то на Юпитере и Сатурне мы можем встретить биологические формы, несходные с земными.

Другая сторона этого вопроса, решаемая совершенно иными средствами, это — поиски сознательной жизни за пределами солнечной системы. Двадцатый век сделал возможным постановку этой задачи после того, как была достигнута современная высокая чувствительность радиоприемной аппаратуры. Именно с помощью радиоволн можно отправить в космос заявку о своем существовании или делиться своими знаниями.

Способ выражения такой информации, ее кодирование, сам по себе представляет интересную и трудную научную проблему. Нужно, чтобы код был доступен для универсального понимания, т. е. для понимания любой развитой цивилизацией. А вероятность того, что человечество встретится с информацией, идущей



«Луноход-1» — первый самоходный космический аппарат, работающий на поверхности Луны.

из космоса, зависит от множества условий, среди которых едва ли не важнейшее — совпадение технического уровня передающей и принимающей цивилизаций, или, по крайней мере, более высокого уровня развития принимающей.

При очень большом долготетии технически развитых цивилизаций вероятность установления между ними связи значительно повышается, но действительно ли они существуют, скажем, тысячелетия — далеко не ясно. Во всяком случае, человечеством пока не найдено никаких признаков закономерных сигналов из космоса, несмотря на поиски их. Трудно дать таким поискам оптимистический прогноз.

Но я ничего еще не рассказал о Солнце. Как звезда, Солнце не представляет собой ничего исключительного: это — нормальная звезда, стоя-

щая по своим физическим характеристикам несколько выше среднего уровня. На Солнце наблюдается множество разнообразных процессов, которые мы иногда понимаем еще очень плохо, несмотря на самые совершенные методы исследования. Правда, за последнее полувековье для нас стало ясным, какую важную роль играют на Солнце магнитные явления, мы знаем теперь вполне удовлетворительно, что собой представляет солнечная корона, как воздействует Солнце на межпланетную среду (в частности, «солнечный ветер») и, особенно, — взаимоотношения между солнечными и земными явлениями. Но самое важное — до сих пор не разгадана природа 11-летнего цикла солнечной активности и механизмы всех разнообразных ее проявлений: пятен, факелов, протуберанцев, хромосферных вспышек

и т. п. Будет ли найдено решение этого вопроса до конца столетия? — сказать трудно.

Численный рост человечества идет по экспоненциальному закону. Это значит, что темп роста в каждый данный момент пропорционален абсолютному значению растущей величины. Техническое могущество человечества растет более быстрыми темпами, что вызвано еще более быстрым ростом числа научных работников и выпускаемой ими научной продукции. Наша страна имеет особенно разительные научные успехи по сравнению с дореволюционным временем, но и для всех развитых стран характерно необычайно энергичное развитие научных исследований за последние 50 лет. Наша наука не составляет исключения. Темпы ее развития таковы же, как в физике, химии, биологии. А выход человечества в космос еще более стимулировал рост научных исследований в области небесной механики, астрофизики, астрометрии. Я со всей смелостью и не без гордости могу сказать, что если бы за последние триста лет не было бесконтрольного изучения светил и их движения с эмпирических и теоретических позиций, полеты космических кораблей не только на другие планеты, но даже на Луну были бы невозможны, и человечество, имея в своем распоряжении технические средства для таких полетов, вынуждено было бы задержаться на добрую четверть столетия, чтобы создать теорию движения небесных тел и подвести ей экспериментальную базу.

Но так не могло случиться. Возникшая из практических потребностей своей человечества наука имеет и свои собственные законы развития — всегда стремится вперед в неизвестное, не слишком задумываясь над тем, нужно ли это сегодня или будет нужно через сто лет!

К. Е. СПЕРАНСКИЙ  
кандидат физико-математических  
наук

# ИНТЕРКОСМОС

Процессы, происходящие над Землей, охватывают пространства, которые намного превышают территории отдельных государств. Производя измерения в данное время, в конкретной точке, мы не можем изучить суть процесса. Результаты измерения необходимо сопоставить с другими, отнесенными от первого по времени, вертикали и горизонтали. Только тогда мы сможем судить о динамике исследуемого явления. Поэтому наука об околоземной среде перешагнула государственные границы и устремилась ввысь.

## ПЕРВЫЕ ШАГИ СОТРУДНИЧЕСТВА

Семьдесят лет назад атмосфера на высоте около 10 км над земной поверхностью называлась «верхними слоями» и была изучена не лучше, чем межпланетная плазма. Считалось, в частности, что это — царство вечного покоя, где отдельные области атмосферы расположены в строгом порядке в соответствии с убыванием молекулярного веса их составляющих.

К 1904 г. самопишущие приборы на воздушных шарах 141 раз достигли высоты 14 км. Появился материал для некоторых статистических обобщений и анализа состояния атмосферы в области нижней стратосферы.

Наиболее отчетливо необходимость вспланетного изучения процессов, развивающихся в околоземной среде, проявилась в период организации Международных полярных, а затем Международного геофизического годов. Интенсивное международное сотрудничество в изучении атмосферы, гидросферы, электрического и магнитного полей оказалось очень плодотворным.

Возможность посылки приборов за сотни километров над Землей означала не только переход к изучению более удаленной области атмосферы. Открылись перспективы исследования околоземного и дальнего космоса вне основной массы атмосферы — этого экрана, спасительного для человека, но весьма неудобного для познания космоса. Атмосфера неоднородна, турбулентна, мутна, наконец, просто непрозрачна в широких интервалах спектра. Сквозь нее далеко не все видно.

Геофизические ракеты и искусственные спутники Земли — свидетельства технического прогресса — служат средствами исследования, которые соответствуют задаче изучения ближнего и дальнего космоса. Ракеты обладают преимуществом вертикального зондирования, а спутники Земли призваны раскрыть пространственные закономерности и выполнять патрульные функции.

## УЧЕНЫЕ ЗА КРУГЛЫМ СТОЛОМ

В апреле 1967 г. представители Болгарии, Венгрии, Германской Демократической Республики, Кубы, Монголии, Польши, Румынии, Совет-



Очередная научная лаборатория отправляется в космос

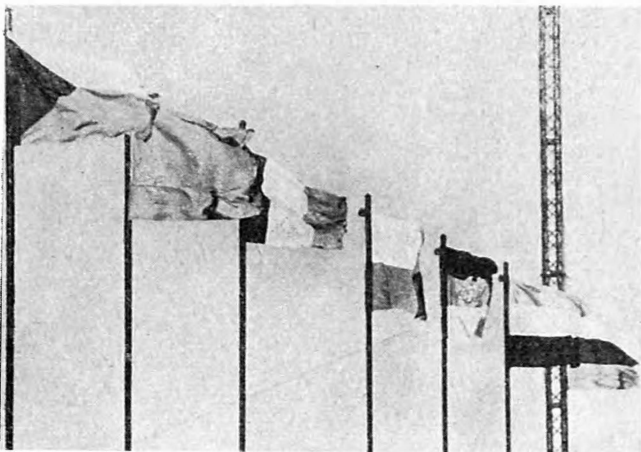


ского Союза и Чехословакии сформулировали основные задачи исследования и использования космического пространства с помощью искусственных спутников Земли, геофизических ракет и наземных средств. Эта встреча не была первой, но отличалась от предыдущих тем, что выявила ближайшие задачи и конкретные формы сотрудничества, приняла планы совместных разработок ракетной и спутниковой аппаратуры и программы комплексных исследований на основе ракетных (или спутниковых) и наземных средств. В странах-участницах сотрудничества были созданы национальные комитеты, организующие и координирующие совместные работы в исследовании космоса. В Советском Союзе эти функции выполняет Совет по международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства в мирных целях при Академии наук СССР (Совет Интеркосмос).

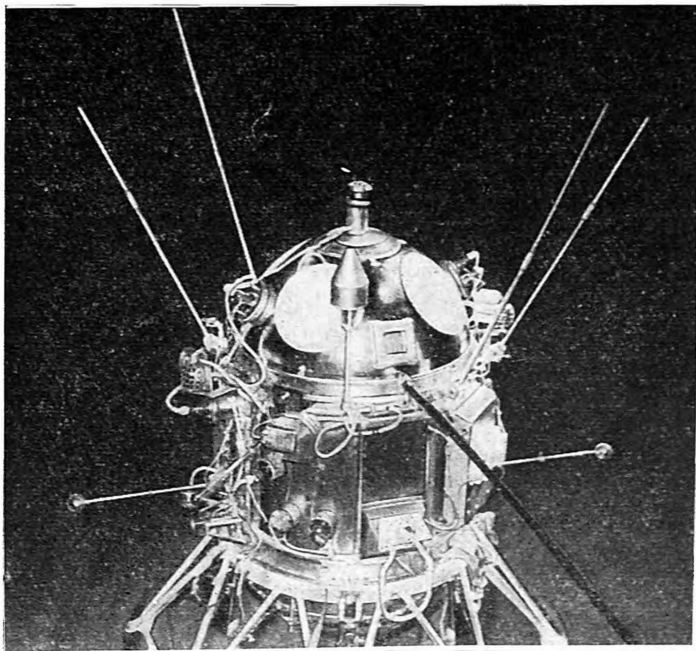
Развиваются исследования в области космической физики, метеорологии, космической связи, космической биологии и медицины. В области космической физики ведутся работы по изучению верхней атмосферы, магнитосферы, Солнца и солнечно-земных связей, космических лучей и твердой компоненты межпланетного вещества, геофизические и геодезические исследования с помощью наблюдений искусственных спутников Земли, совместные разработки служебных систем космических аппаратов.

#### ОТ ПРОГРАММЫ — К ЭКСПЕРИМЕНТУ

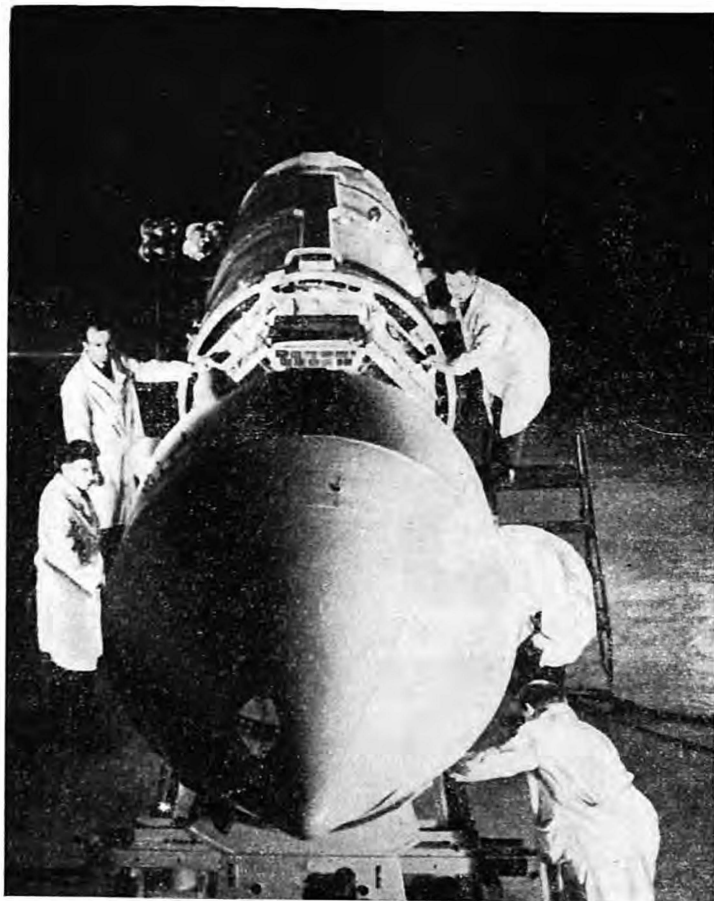
Совместные исследования верхней атмосферы были начаты еще в конце 1968 г. Спутник «Космос-261», запущенный Советским Союзом, предназначался для исследования вариаций параметров верхней атмосферы и связи этих вариаций с непериодическими изменениями солнечной



*На космодроме — флаги социалистических стран-участниц совместных космических исследований*



*Спутник «Интеркосмос-2» для исследования ионосферы*



*Последние операции перед выводом ракеты-носителя на стартовую позицию: устанавливается носовой конус — надежная защита спутника во время движения сквозь плотные слои атмосферы*

деятельности. Среди аппаратуры, установленной на спутнике, были спектрометры частиц низких энергий и прибор для измерения вариаций плотности атмосферы. Одновременно с работой спутника в исследовании принимала участие обширная сеть наземных геофизических станций и обсерваторий Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Румынии, СССР и Че-

хословакии, выполнялась программа заранее согласованных наземных исследований ионосферы. Эксперимент потребовал большой предварительной методической подготовки и четкой организации наземных станций осуществляли не только расширенные наблюдения в течение всего периода работы спутника, но и специальные исследования во вре-

мя пролета спутника над каждой обсерваторией.

В июне 1970 г. эксперимент был повторен во время запуска спутника «Космос-348» с частично модернизированной научной аппаратурой.

Исследования ионизированной компоненты атмосферы проводили на спутнике «Интеркосмос-2», запущенном 25 декабря 1969 г. Спутник был оборудован научной аппаратурой СССР и ГДР. Часть исследований воспроизводилась позже, во время работы спутника «Космос-321», где так же, как и на «Интеркосмосе-2», был установлен когерентный радиопередатчик (на «Интеркосмосе-2» — немецкий, на «Космосе-321» — советский). Сигналы этих передатчиков принесли на Землю характеристики общего содержания электронов, масштаба неоднородностей концентрации частиц и других параметров ионосферы. Прием и обработка данных по единой согласованной методике производились всеми странами.

Для исследования верхней атмосферы предназначалась и геофизическая ракета «Вертикаль-1», запущенная 28 ноября 1970 г.\* На ракете, достигшей высоты около 500 км, была установлена аппаратура ГДР, СССР и других стран для измерения концентрации электронов и положительных ионов, электронной температуры. В проектировании аппаратуры для ионосферных исследований участвовали специалисты Болгарии и Чехословакии.

К исследованиям верхней атмосферы относятся и работы, основанные на наблюдениях искусственных спутников Земли, — измерения плотности атмосферы и ее вариаций по торможению движения спутников. Станции оптических наблюдений расположены во всех сотрудничающих странах; в ряде пунктов ведутся наблюдения советской автоматической фотографической камерой АФУ-75.

Исследования магнитосферы про-

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

изводились на спутнике «Интеркосмос-3» с использованием аппаратуры Советского Союза и Чехословакии. Четыре месяца активного существования этого спутника позволили получить большой объем данных, которые в настоящее время обрабатываются и анализируются участниками эксперимента. В сопутствующих наземных экспериментах принимали участие обсерватории Болгарии, ГДР, Польши, СССР и Чехословакии.

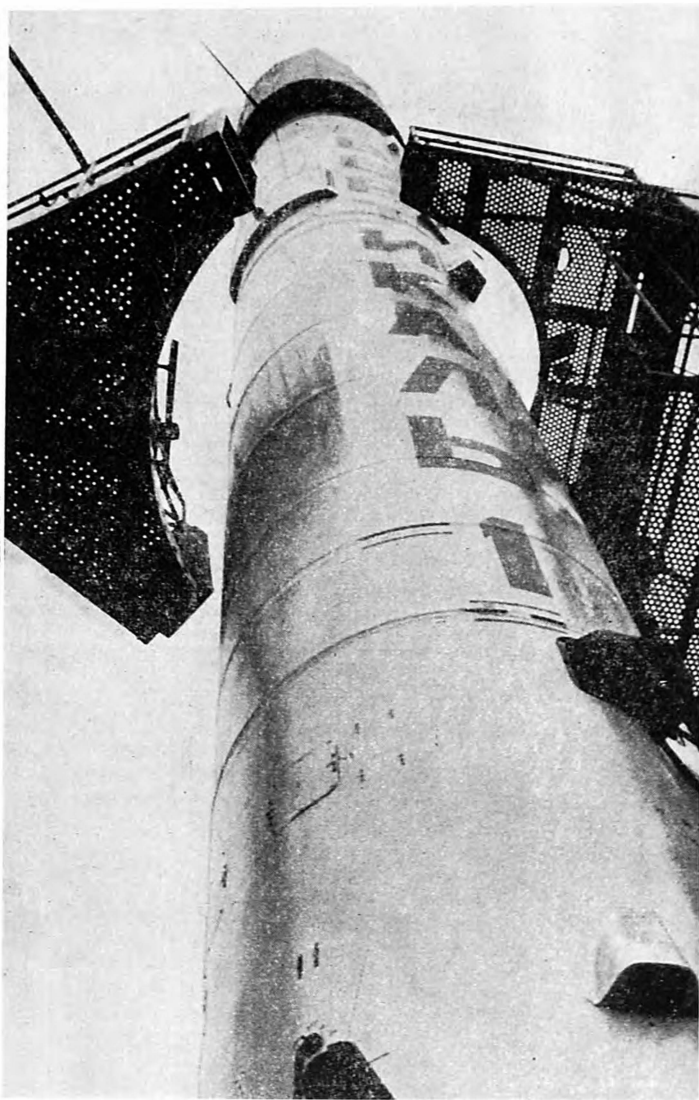
Магнитосфера, атмосфера и поверхность Земли воспринимают все виды солнечного излучения, поглощая, рассеивая и переизлучая поступающую от Солнца энергию. В конце концов это создает относительно равновесие, небольшие изменения которого грозили бы необратимыми катаклизмами в околоземной среде. Спутники «Интеркосмос-1 и -4», имевшие постоянную ориентацию на Солнце, запускались для изучения Солнца в рентгеновской и ультрафиолетовой областях — в одной из наиболее геоактивных частей солнечного спектра.

Аппаратура для этих исследований разрабатывалась специалистами ГДР, СССР и Чехословакии. Одновременно с измерениями на спутниках обсерватории Болгарии, Венгрии, Польши, Румынии и Чехословакии проводили ионосферные, а также радио- и оптические наблюдения Солнца по согласованной программе.

Существенно дополнены исследования коротковолнового излучения Солнца экспериментом «Вертикаль-1»: получены результаты фоторегистрации солнечных явлений в различных диапазонах длин волн для последующего лабораторного анализа (приборы для наблюдений создавались специалистами Польши, Советского Союза и Чехословакии). Ученые Венгрии, Советского Союза и Чехословакии во время запуска геофизической ракеты «Вертикаль-1» изучали микрометеорные частицы.

Таковы некоторые итоги сотрудничества в исследовании космического пространства.

В программах совместных исследований занимают важное место наземные наблюдения, которые прово-



*Геофизическая ракета «Вертикаль-1» на пусковой установке*

**КОСМИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ. ЗАПУЩЕННЫЕ СОВЕТСКИМ СОЮЗОМ. ДЛЯ СОВМЕСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ДРУГИМИ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИМИ СТРАНАМИ**

| Название объекта | Дата запуска | Характеристика орбиты                               | Задачи по выполнению международных программ   | Страны, участвующие в прямых измерениях                       | Страны, участвующие в сопутствующих измерениях                    |
|------------------|--------------|---|---|---|---|
| «Космос-261»     | 20.XII.1968  | Апогей 670 км<br>Перигей 217 км<br>Наклонение 71°   | Исследование вариаций параметров верхней атмосферы в связи с неперiodическими проявлениями солнечной активности | СССР  | Болгария, Венгрия, ГДР, Польша, Румыния, СССР, Чехословакия       |
| «Интеркосмос-1»  | 14.X.1969    | Апогей 640 км<br>Перигей 260 км<br>Наклонение 48°4  | Исследование коротковолнового излучения Солнца  | ГДР, СССР, Чехословакия                                       | Болгария, Венгрия, ГДР, Польша, Румыния, СССР, Чехословакия       |
| «Интеркосмос-2»  | 25.XII.1969  | Апогей 1200 км<br>Перигей 206 км<br>Наклонение 48°4 | Исследование верхней атмосферы  | ГДР, СССР с участием Болгарии и Чехословакии                  | Болгария, Венгрия, ГДР, Куба, Польша, Румыния, СССР, Чехословакия |
| «Космос-321»     | 20.I.1970    | Апогей 507 км<br>Перигей 280 км<br>Наклонение 71°   | Исследование верхней атмосферы  | СССР  | Болгария, ГДР, Куба, Польша, Румыния, СССР, Чехословакия          |
| «Космос-348»     | 13.VI.1970   | Апогей 680 км<br>Перигей 212 км<br>Наклонение 71°   | Задачи, аналогичные задачам спутника «Космос-261»   | СССР  | Болгария, Венгрия, ГДР, Польша, Румыния, СССР, Чехословакия       |
| «Интеркосмос-3»  | 7.VIII.1970  | Апогей 1320 км<br>Перигей 207 км<br>Наклонение 49°  | Исследование магнитосферы в радиационных поясах   | СССР, Чехословакия  | Болгария, ГДР, Польша, СССР, Чехословакия                         |
| «Интеркосмос-4»  | 14.X.1970    | Апогей 668 км<br>Перигей 263 км<br>Наклонение 48°5  | Исследование коротковолнового излучения Солнца  | ГДР, СССР, Чехословакия                                       | Болгария, Венгрия, ГДР, Польша, Румыния, СССР, Чехословакия       |
| «Вертикаль-1»    | 28.XI.1970   | Высота 487 км                                       | Исследование Солнца, верхней атмосферы и межпланетного вещества   | Венгрия, ГДР, Польша, СССР, Чехословакия при участии Болгарии | ГДР   |

дятся по самостоятельным планам. Близи к своей реализации эксперименты, использующие новые техни-

ческие средства. Сотрудничество социалистических стран в исследовании и использовании космического про-

странства в мирных целях уже принесло значительную пользу науке и человечеству.

**«КОСМОНАВТИКА, АСТРОНОМИЯ»**

Так называется новая подписная серия научно-популярных брошюр, выпускаемых издательством «Знание». Из них читатели узнают о новейших достижениях и современных проблемах космонавтики и астрономии. Какие же наиболее интересные книжки этой серии выйдут из печати в 1972 г.?

Это — «Навигация на космическом корабле» (член-корреспондент АН СССР Б. В. Раушенбах); «Наша Галактика» (академик АН ГрузССР Е. К. Харадзе); «Космическая эра: общество и природа» (летчик-космонавт СССР В. И. Севастьянов и доктор философских наук А. Д. Урсул); «Внутреннее строение Земли, Луны

и планет» (доктор физико-математических наук В. Н. Жарков); «Современные проблемы космонавтики» (сборник статей) и другие.

В течение года подписчики получат 12 выпусков. Стоимость — подписки — 1 руб. 08 коп. В каталоге «Союзпечати» эта серия включена в раздел «Научно-популярные журналы» под рубрикой «Брошюры издательства «Знание», индекс 70101.

# Солнечная активность и явления в биосфере

Уже давно известно, что Солнце вызывает на Земле различные явления (например, магнитные бури, полярные сияния и т. д.). Менее изучен механизм воздействия солнечной активности на тропосферу. Еще меньше известно нам о том, как земные организмы реагируют на циклическую и спорадическую деятельность Солнца. В небольшой статье невозможно рассмотреть все проявления солнечной активности в биосфере Земли. Поэтому авторы затрагивают лишь некоторые стороны сложнейшей и увлекательнейшей проблемы «Солнце и мы».

Влияние солнечной активности на биосферу доказывалось корреляцией индексов активности или геомагнитной возмущенности с биологическими, а также прямыми экспериментами. При постановке последних сравнивают биологические объекты, помещенные в искусственное переменное электромагнитное поле (аналогичное полю геомагнитных возмущений) с объектами вне его. Оба вида доказательств дают результаты, хорошо согласующиеся друг с другом.

## КОРРЕЛЯЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ И ГЕОМАГНИТНЫХ ИНДЕКСОВ С МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИМИ

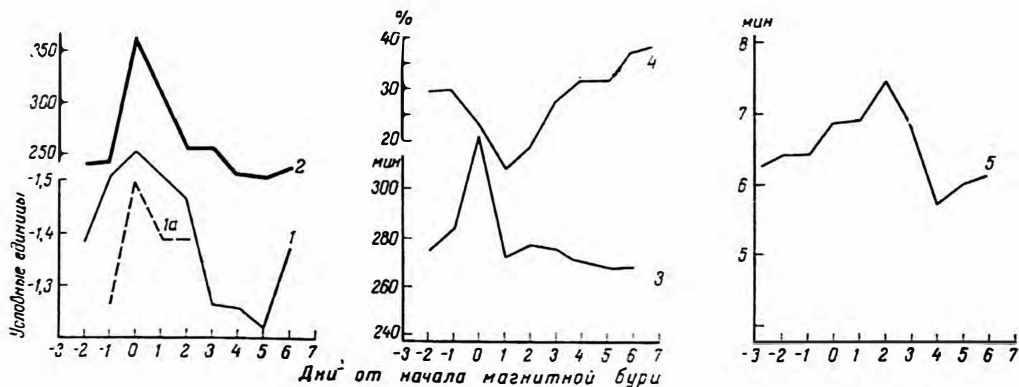
Попытки найти такие корреляции предпринимались еще в прошлом столетии. Исследователям удавалось найти заметную зависимость числа жертв эпидемий от индексов солнечной активности. Однако в дальнейшем люди научились предупреждать многие инфекционные заболевания. Обнаруженные корреляции стали исчезать. Значит ли, что

вообще здоровье человека теперь уже не зависит от деятельности Солнца? К сожалению, этого сказать нельзя, в чем убеждает зависимость сердечно-сосудистых заболеваний (которые, как известно, не инфекционны) от солнечной активности.

Так как солнечная активность не единственная причина сердечно-сосудистых заболеваний и летальных исходов, то методика исследований должна исключать причины не солнечного происхождения. Для корреляции медицинских данных с солнечными и геомагнитными применялись: метод наложенных эпох, упороченный метод сравнения усредненных данных о заболеваниях в геомагнитно-активные и спокойные дни и сравнение усредненных данных о заболеваниях в дни с различной степенью геомагнитной активности.

Все эти способы хороши тем, что на результаты вычисления не влияют неоднородность и прерывность рядов медицинской статистики.

Кроме того, сравнивались вариации солнечных и медицинских дан-



Результаты применения метода наложенных эпох. Кривая 1 показывает число заболеваний инфарктом миокарда в Свердловске за 8 лет, кривая 1а — то же в Вильнюсе, кривая 2 — число смертей от инфаркта миокарда в Свердловске за тот же период. Кривые 3 и 4 иллюстрируют замедление фибринолитической ак-

тивности крови, т. е. времени растворения сгустков крови в день магнитной бури. Это явление очень опасно, так как оно стимулирует образование тромбов. Увеличение времени свертывания крови после геомагнитного возмущения (кривая 5) — защитная реакция организма.

ных в течение 11-летнего цикла и 27-дневного периода. Но такие сравнения возможны только в тех редких случаях, когда имеются однородные и длительные медико-статистические ряды.

Рассмотрим примеры полученных результатов.

Для этого обратимся к таблице 1, в которой приведены сведения о количестве дней (в процентах) с заболеваниями и смертельными исходами от инфаркта миокарда в Свердловске за 1961—1967 гг. Как

нетрудно заметить, во все рассмотренные годы число заболеваний и смертей было больше в геомагнитно-активные дни, чем в спокойные. Подсчеты соответствующих статистических критериев показывают, что это различие вполне реально. Были сделаны аналогичные подсчеты отдельно для различных степеней геомагнитной возмущенности. Результаты этих подсчетов сведены в таблицу 2.

Здесь представлены относительные средние числа заболеваний и смертности за 1 день от инфаркта миокарда и мозгового инсульта в Свердловске за 1960—1966 гг.; все числа случаев в магнитно-спокойные дни приняты за единицу. Как видно из таблицы 2, количество заболеваний и, в особенности, смертей увеличивается с ростом геомагнитной возмущенности. Аналогичные результаты были получены различными авторами и для других городов: Ленинграда, Вильнюса, Ашхабада, Ставрополя, Киева, Иркутска.

Результаты анализа методом наложенных эпох не только подтверждают существование возмущившей солнечной активности на организм человека, а также дают

ТАБЛИЦА 2

| Среднее относительное возмущение | Относительное число заболеваний инфарктом миокарда | Относительное число смертей от инфаркта миокарда | Относительное число заболеваний инсультом |
|----------------------------------|--|--|---|
| 0,0                              | 1,00   | 1,00   | 1,00                                      |
| 0,5                              | 1,13   | 1,20   | 1,00                                      |
| 1,0                              | 1,20   | 1,58   | 1,50                                      |
| 1,5                              | 1,21   | 3,38   | 3,90                                      |
| 2,0                              | 1,44   | 3,43   | мало случаев                              |

ТАБЛИЦА 1

| Годы | Число заболеваний           |                              | Число смертей               |                              |
|------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|      | в магнитно-активные дни (%) | в магнитно-спокойные дни (%) | в магнитно-активные дни (%) | в магнитно-спокойные дни (%) |
| 1961 | 78,8                        | 70,4                         | 24,5                        | 18,8                         |
| 1962 | 73,5                        | 65,3                         | 35,0                        | 25,7                         |
| 1963 | 77,6                        | 73,2                         | 24,9                        | 20,6                         |
| 1964 | 62,0                        | 57,0                         | 36,4                        | 21,7                         |
| 1965 | 79,1                        | 75,0                         | 27,9                        | 25,3                         |
| 1966 | 90,8                        | 75,4                         | 59,5                        | 40,9                         |
| 1967 | 87,6                        | 71,0                         | 59,0                        | 43,6                         |

некоторое представление о механизме солнечных воздействий и о связи между свойствами крови, заболеваемостью и смертностью (в особенности, внезапной). А это представляет особый интерес для врачей.

Мы рассматривали и те случаи, когда имелись длинные однородные ряды медицинских данных. Это ряд чисел внезапных смертей от болезней сердца в Свердловске за 1944—1966 гг. Данные были проверены и исправлены с учетом изменения численности населения и влияния войны.



Оказалось, что величина геоэффektivности корпускулярной радиации (которая равна отношению квадрата площади солнечных пятен в узкой центральной зоне Солнца к площади солнечных пятен на всем диске Солнца) хорошо согласуется с кривой внезапных смертей от болезни сердца.

Данные для 1967 и 1968 гг. подтверждают закономерности предыдущих лет.

Таким образом все способы корреляции приводят к одинаковому результату: солнечная активность воздействует на организм человека.

#### ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В Крыму профессор Медицинского института А. М. Воынский совместно с сотрудником Астрофизической обсерватории Академии наук СССР Б. М. Владимирским выполнили интересные исследования воздействий искусственных низкочастотных электромагнитных полей на некоторых животных и микроорганизмы.

Испытуемые животные (собаки и кролики) помещались в электриче-

ский конденсатор объемом 1 м<sup>3</sup> или в соленоид длиной 1,4 м с диаметром 0,6 м. Эти устройства возбуждали электрические или магнитные поля колебания с частотами 1—2 гц (один из видов короткопериодических колебаний геомагнитного поля) и 8 гц (первая гармоника ионосферного волновода) при напряжениях, близких к наблюдаемым во время геомагнитных возмущений. Животные подвергались действию полей в течение трех часов. Экспериментаторы следили за этими животными в течение нескольких дней после «облучения» полями. При этом удалось обнаружить влияние на сердечно-сосудистую систему (изменяются частота сердечных сокращений и параметры зубцов на электрокардиограммах), на систему крови (происходят изменения формулы крови, а также активности некоторых энзимов), на нервную систему (на электрокортикограммах «облученных» животных видны отчетливые сдвиги) и на микроорганизмы (активизация их, а также некоторые изменения в морфологии и др.). Если до эксперимента животные каким-либо способом выводились из обычного состояния, то

действие электромагнитных полей было более сильным.

Упомянутые эксперименты — это, конечно, только первые шаги в исследовании воздействий солнечной активности на живой организм.

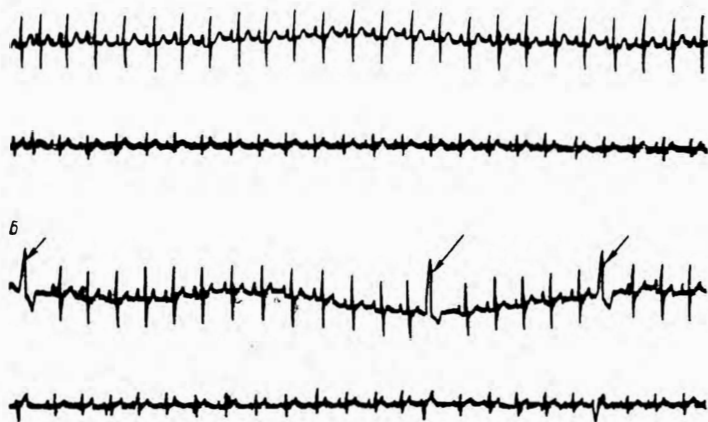
#### ВНИМАНИЕ, СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ!

Итак, клинко-статистические и экспериментальные факты, согласуясь между собой, подтвердили влияние солнечной активности на организм. При этом, электромагнитные поля, по-видимому, имеют определяющее значение.

Интересно вспомнить, что все виды рецепторов человеческого организма (зрение, слух, осязание и т. д.) могут реагировать на энергии с плотностью, меньшей чем 10<sup>-12</sup> эрг/см<sup>3</sup>. Плотность энергии во время геомагнитных бурь в 100—100 000 раз больше того порога, который воспринимается организмом. Мы не можем назвать, чем воспринимаются электромагнитные поля. По-видимому, весь организм чувствителен к ним на всех уровнях, начиная с молекулярного и клеточного.

Реакция находится в определенной связи с интенсивностью сигнала: если сигнал мал, то организм не реагирует, чтобы не тратить энергию на несущественные раздражители. Это так называемое гревентивное торможение. Если сигнал превышает определенную величину, то он воспринимается с соответствующей реакцией. Когда сигнал слишком силен, чувствительность уменьшается. Это — реакция защиты. Интервал энергий геомагнитных бурь приходится на область наибольшей чувствительности организма. Наиболее активное действие таких полей наблюдается при частоте, близкой к биологическим ритмам (несколько герц). Вероятно, зависимость реакции от величины сигнала можно объяснить тем, что организм воспринимает слабые поля, не реагируя на сильные.

Геомагнитные возмущения сказываются и на больных и на здоровых



Электрокардиограммы кроликов; А — до облучения, Б — после 10 облучений продолжительностью в 3 часа каждое. Изменения электрокардиограммы выражены четко и удерживаются в течение недели



*Эта фотография показывает, как стимулируется рост культуры *Salmonella Typhimurium* электрическим полем с частотой 0,1 гц. напряженностью 0,1 в/м в течение 12 часов. Слева «облученная» культура, справа — контрольная. Не исключено, что обнаруженная активация в полях, которые подобны возникающим во время геомагнитных возмущений, может объяснить корреляцию между солнечной активностью и эпидемиями. Такая связь отчетливо прослеживалась до того времени, когда стали широко применять прививки*

людях. Так, например, получена четкая зависимость пульса здоровых людей от геомагнитной возмущенности. Здоровые организмы благодаря хорошей адаптации возвращаются к нормальному состоянию после окончания магнитной бури. Больные организмы восстанавливаются медленнее, с трудом и даже могут не восстановиться совсем.

Это поможет объяснить, почему жизнь на Земле не исчезла во время прошлых магнитных бурь и почему действие магнитных бурь на человека не замечалось раньше. Действительно, геомагнитные возмущения плохо действуют только на больных, усугубляя основную болезнь. А когда больному человеку становится хуже или он умирает,

редко ищут другие причины, кроме основного заболевания.

Если с достаточной степенью достоверности и заблаговременно предсказать геомагнитные бури, то можно будет организовать помощь больным людям в опасное время — изменять режим, назначать соответствующие лекарства, организовать экранирование.

Следует упомянуть об очень интересных исследованиях, проведенных в Институте кристаллографии Академии наук СССР Л. Д. Кисловским и В. В. Пучковым. Они установили, что кристаллическая структура водных растворов кальция изменяется под влиянием переменных электромагнитных полей. Значит изменяются свойства очень важных

для жизнедеятельности растворов, изменяется проницаемость межклеточных мембран. Аналогичные эксперименты ставились профессором Дж. Пикарди в Физико-химическом институте (Флоренция).

Организм не может быть изолирован от внешней среды и должен реагировать на изменения в ней. Сам он термодинамически представляет открытую систему, которая обменивается энергией и веществом со своим окружением. Больной организм — это нестабильная система, особенно сильно реагирующая на изменения (иногда и необратимым образом).

Можно предположить (если, конечно, иметь в виду здоровый организм), что в течение длительной эволюции геомагнитные возмущения играли положительную роль и даже были одним из необходимых условий возникновения жизни на Земле.

При Астрономическом совете Академии наук СССР имеется рабочая группа, занимающаяся проблемой «Солнце — биосфера». Группа собрала и критически пересмотрела большое число статей и сведений о солнечно-биологических связях. Все важное было отобрано, проверено, систематизировано. Более 40 ученых гелиофизиков, геофизиков, биологов и медиков приняло участие в этой работе. Желательно, чтобы последующие исследования были расширены, координированы, чтобы применялась новейшая техника экспериментов.



**Что значит хранить время! С какой точностью и как это осуществляется!**

Космическая техника предъявляет очень высокие требования к точности измерения и хранения времени. Действительно, ошибка в определении положения на орбите искусственного спутника Земли не превысит 1 секунды дуги, только если точность хранения времени будет не хуже  $10^{-5}$  секунды в сутки. При этом надо учесть, что наблюдения за полетами космических кораблей ведутся из разных пунктов земной поверхности, и в каждом — свои часы. Работа станций слежения должна быть строго синхронизирована, иначе невозможно управлять движением космических кораблей.

Чтобы измерить то или иное расстояние, необходимо найти его отношение к принятой единице длины, а чтобы ответить на вопрос, где находится данный предмет, нужно определить его положение относительно других предметов. Так же обстоя-

ит дело и с измерением времени. Чтобы оценить величину какого-либо интервала времени, следует найти его отношение к промежутку времени, принятому за единицу, а чтобы ответить на вопрос, когда произошло то или иное событие, надо принять какое-либо событие за начало отсчета и измерить промежуток времени между начальным и интересующим нас моментами. Но свершившееся событие навсегда уходит в прошлое, поэтому ответить на вопрос «когда?» можно лишь в том случае, если мы имеем непрерывную систему счета времени, или шкалу времени. Вот почему необходимо непрерывно измерять и хранить время.

Измеряют и хранят время часы. Сто лет назад их точность хранения времени составляла несколько секунд в сутки. Сейчас погрешность часов не превышает 100 микросекунд в

сутки. Неудивительно поэтому, что современные «хранители времени» сильно отличаются от часов прошлого века. Вместо механических маятников в них используются кварцевые или квантово-механические атомные и молекулярные генераторы колебаний\*. Они формируют высокостабильные колебания с частотой в миллионы герц. Специальные устройства, подсчитывая определенное число периодов колебаний этого генератора, выдают стандартные сигналы времени: секунду, минуту и их доли.

Счетчики состоят из сотен полупроводников, сопротивлений и конденсаторов. Выход из строя любой детали приводит к пропаданию сигналов времени или к ошибке в показаниях часов. Чтобы избежать этого, счетчики резервируют. Сигнал от генератора колебаний проходит через три дублирующих друг друга счетчика и поступает на схему совпадений. Она пропускает сигнал на схему суммирования, только если входные сигналы совпадают по времени. Если один из счетчиков работает неправильно, то его сигналы, не совпадая по времени с сигналами других счетчиков, не пройдут на схему суммирования. В результате схема суммирования пропустит на свой выход лишь сигналы от двух правильно работающих счетчиков. Таким образом, выход из строя одного счетчика не скажется на работе всего пересчетного устройства. Аналогичные схемы (схемы мажоритарной логики) используются во многих системах, требующих высокой надежности. Они надежно работают, даже если построены из недостаточно надежных элементов.

В «хранителях времени» резервируют и генераторы колебаний. Устройство генераторов сложнее, чем счетчиков, поэтому генераторы контролируются специальными схемами сличения и, как правило, лучший из них выбирает оператор. При аварии

\* Н. С. Блинов. Атомное время. «Земля и Вселенная», № 5, 1966 г.; Н. С. Сидоренков. Часы, время и неравномерность вращения Земли. «Земля и Вселенная», № 3, 1971 г. (Прим. ред.)

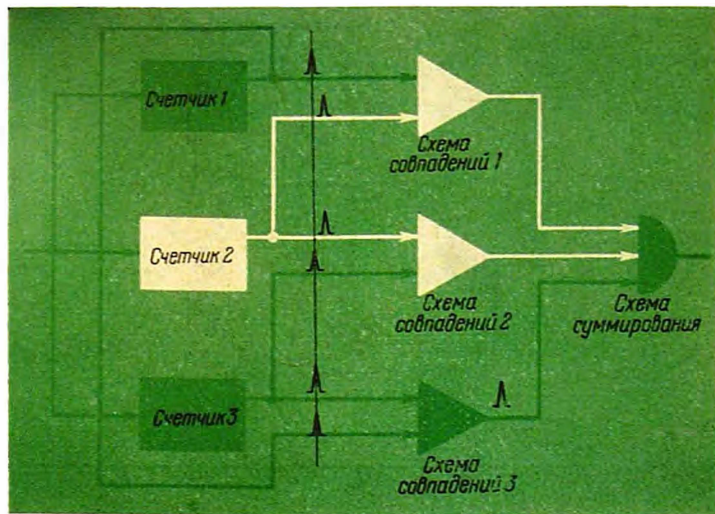


Схема резервирования пересчетных устройств «хранителя времени». Если неправильно работает счетчик 2, то на схему суммирования попадут сигналы от правильно работающих счетчиков 1 и 3. Только эти сигналы пройдут через схему совпадений

рабочего генератора автоматически включается другой.

Для непрерывного хранения времени очень важно бесперебойное питание аппаратуры электроэнергией. «Хранители времени» получают энергию от электрогенератора, а при его поломке — от автономной дизельной системы. Если в схему питания включить маховик, то его инерцию можно использовать для вращения электрогенератора в течение нескольких десятков секунд, пока авто-

номная дизельная система не начнет вырабатывать ток. Накопителем энергии, обеспечивающим бесперебойное питание в «переходный период», может служить и специальная аккумуляторная установка.

Стационарные «хранители времени» с высокостабильными генераторами колебаний, с надежно работающими пересчетными устройствами и источниками питания имеют точность до нескольких микросекунд в сутки.

#### ВЕЛИЧИНЫ СКОРОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН, ОШИБОК РЕГИСТРАЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВКИ НА ЧАСТОТУ

| Радиоволны                          | Используемые частоты | Скорость распространения сигналов, км/сек | Ошибки регистрации (привязки) |                   | Ошибки определения поправки на частоту за сутки                   |
|-------------------------------------|----------------------|---|-------------------------------|-------------------|---|
|                                     |                      |   | визуальный способ             | аппаратный способ |   |
| Короткие<br>Длинные<br>Сверхдлинные | 2,5—15 МГц           | 298 000 ± 2000                            | 0,5—1 мсек                    | 0,5 мсек          | 5 · 10 <sup>-8</sup>  |
|                                     | 100—200 кгц          | 299 000 ± 100                             | 30—300 мсек                   | 1 мсек            | 3 · 10 <sup>-9</sup> —10 <sup>-10</sup>                           |
|                                     | 16—50 кгц            | 292 000 ± 4600                            | 2—3 мсек                      | 400 мсек          | 2,5 · 10 <sup>-11</sup> (днем)<br>3,0 · 10 <sup>-11</sup> (ночью) |

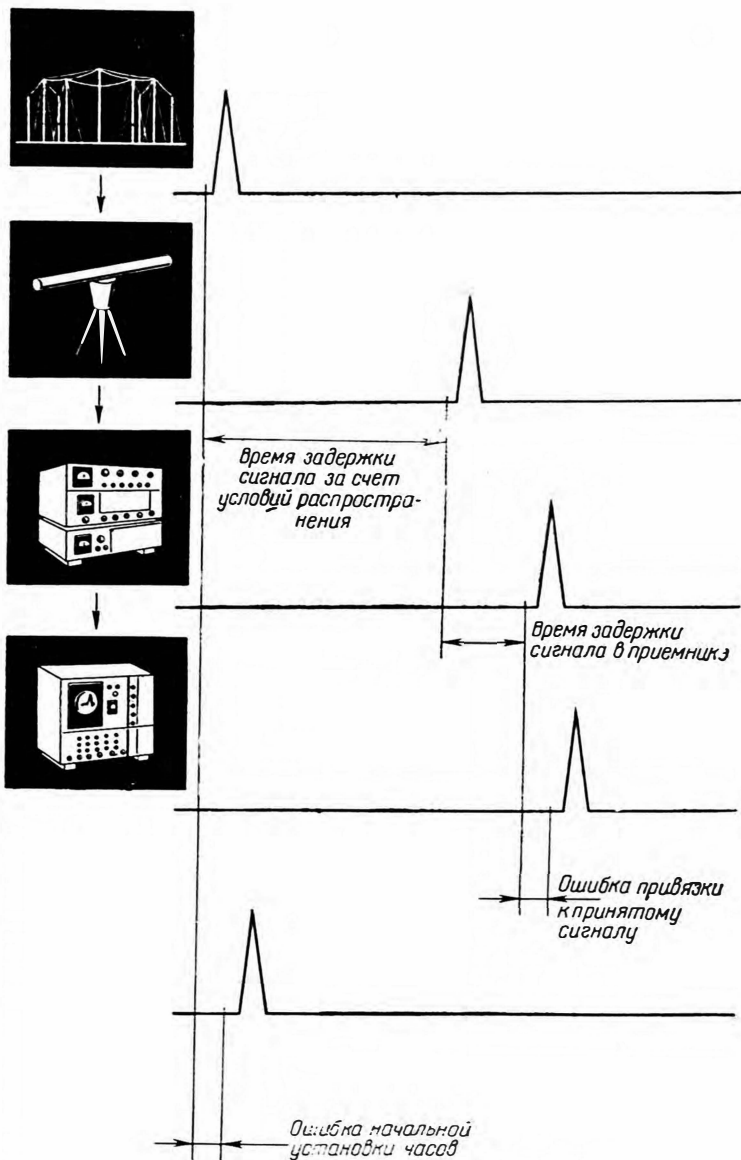


Каждый день мы прислушиваемся к сигналам точного времени, передаваемым по радио, и регулируем свои часы. Как правило, мы подводим минутную стрелку так, чтобы в момент передачи сигналов она занимала нулевое положение на циферблате часов. Эта операция называется начальной установкой, или привязкой показаний часов. Если мы замечаем, что наши часы спешат или отстают на одну и ту же величину, т. е. имеют определенный суточный ход, мы регулируем частоту колебаний маятника. Эта операция в хронометрии называется введением поправки на частоту. Все операции мы проводим «на глазок» с точностью до 20—30 секунд. Когда же требуется, чтобы показания часов расходились не более чем на 100 микросекунд, а расстояние между часами — несколько тысяч километров, необходимы особые методы регулирования часов.

Специальные радиостанции Службы единого времени (СЕВ) передают сигналы точного времени. Чтобы совместить шкалу времени «хранителя» с единой шкалой, применяются визуальный или аппаратный методы. В первом случае оператор добивается совмещения на экране осциллографа хранимой на приемном пункте шкалы времени с принимаемой. Во втором случае привязка производится автоматически, без участия оператора.

При начальной установке часов нужно учитывать запаздывание сигнала. Оно происходит и в передающей и в приемной аппаратуре. Но особенно велико запаздывание сигнала из-за конечности скорости распространения радиоволн. Истинное время прохождения радиоволн мы знаем лишь приблизительно, и оно зависит от условий распространения волн. Радиостанции СЕВ работают в различных диапазонах. Каждому диапазону присущи свои условия распространения. Например, время прохождения сверхдлинных волн различно днем и ночью, а для длинных волн такого различия не обнаружено.

Если начальная установка часов производится по сигналам разных



Сверка часов по радиосигналам точного времени. Сигнал от передающей радиостанции поступает на приемную антенну, затем в приемник и, наконец, на осциллограф, где он совмещается с сигналом граничной шкалы времени. Точность начальной установки часов зависит от точности определения времени прохождения сигнала между передающей и принимающей антеннами, от точности, с которой оценивается время задержки сигнала в приемнике и совмещается хранимая шкала времени с принимаемым сигналом

ПАРАМЕТРЫ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СИСТЕМАХ ХРАНЕНИЯ ВРЕМЕНИ

| Стандарты частоты            | Водородный          |                     | На газовой ячейке с парами рубидия |                     | Цезиевый с атомно-лучевой трубкой |                     | Кварцевый (серийные образцы) |                     |
|------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
|                              | предельн.           | практич.            | предельн.                          | практич.            | предельн.                         | практич.            | предельн.                    | практич.            |
| Рабочая частота, Мгц         |                     | 5                   |                                    | 5                   |                                   | 5                   |                              | 5,1                 |
| Стабильность частоты:        |                     |                     |                                    |                     |                                   |                     |                              |                     |
| за час                       | 3·10 <sup>-14</sup> | 5·10 <sup>-12</sup> | 5·10 <sup>-12</sup>                | 5·10 <sup>-11</sup> | 8·10 <sup>-12</sup>               | 2·10 <sup>-11</sup> | 1·10 <sup>-10</sup>          | 5·10 <sup>-10</sup> |
| за сутки                     | 2·10 <sup>-14</sup> | 5·10 <sup>-12</sup> | 5·10 <sup>-12</sup>                | 5·10 <sup>-11</sup> | 2·10 <sup>-12</sup>               | 2·10 <sup>-11</sup> | 1·10 <sup>-10</sup>          | 5·10 <sup>-10</sup> |
| Систематический уход частоты | —                   | —                   | —                                  | 3·10 <sup>-11</sup> | —                                 | —                   | 2·10 <sup>-11</sup>          | 5·10 <sup>-10</sup> |
| Объем, л                     | —                   | 460                 | —                                  | (за месяц)          | —                                 | —                   | (за сутки)                   | (за сутки)          |
| Вес, кг                      | —                   | 360                 | —                                  | 17                  | —                                 | 45                  | —                            | 17                  |
| Потреб. мощность, вт         | —                   | 360                 | —                                  | 18                  | —                                 | 29                  | —                            | 8                   |
|                              | —                   | 200                 | —                                  | 40                  | —                                 | 60                  | —                            | 40                  |

станций, необходимо учитывать, что работа радиостанций СЕВ не строго синхронизирована. Ошибка синхронизации для радиостанций СССР не превышает ±50 микросекунд.

Любопытно отметить, что намечается возврат к старым методам привязки часов, когда их сверяли по хронометру, который перевозили от одних часов к другим. Правда, сейчас перевозят малогабаритные атом-

ные часы. Пока это самый точный способ привязки. Он позволяет согласовать с точностью, превышающей 1 микросекунду, ход часов, расположенных в разных точках земного шара.

Периодически осуществляя привязку часов, можно определить их суточный ход и поправку на частоту генератора колебаний. Учет этой поправки помогает снизить суточный

ход современных «хранителей времени» до  $1 \cdot 10^{-11}$ . Это соответствует 1 микросекунде за сутки или 0,5 секунды за 1000 лет.

В будущем появятся портативные «хранители времени», которые смогут работать даже в космосе. Это открывает новые возможности для исследования характеристик космического пространства и для познания общих физических закономерностей.

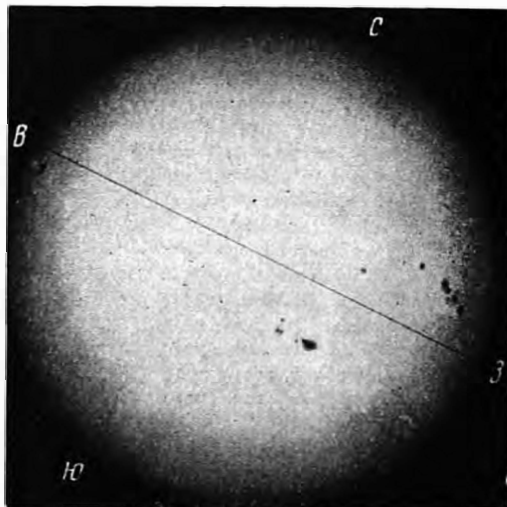


**МОЩНАЯ ВСПЫШКА НА СОЛНЦЕ**

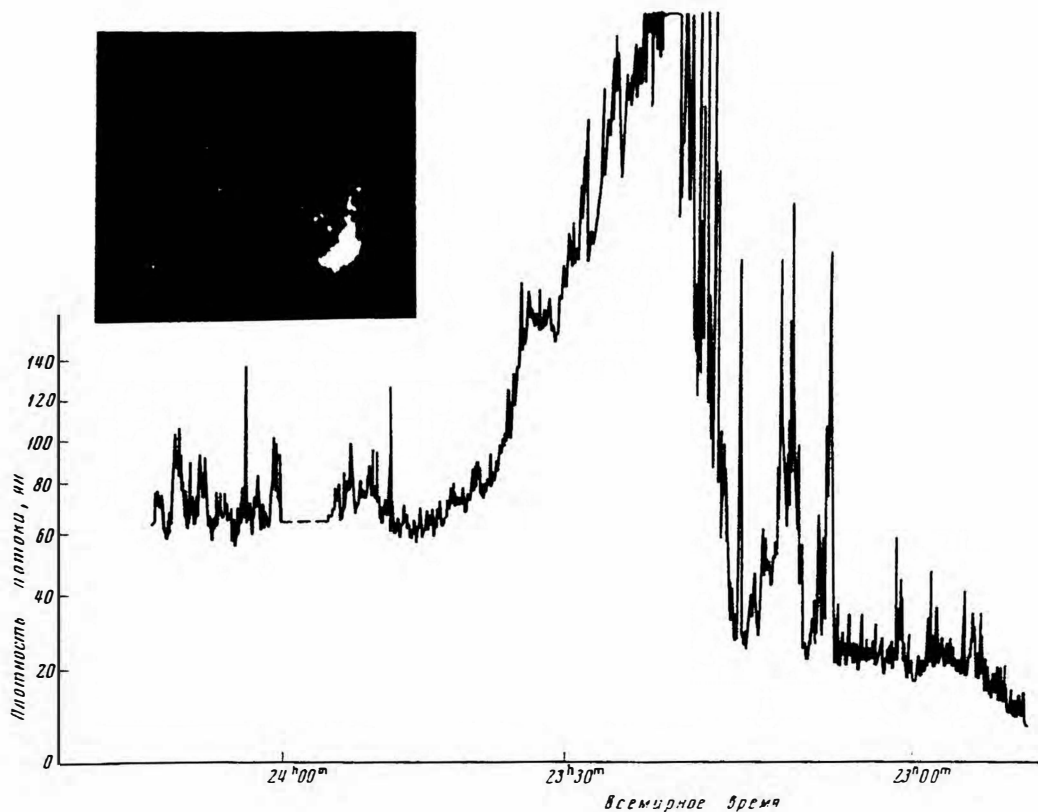
С 16 по 27 января 1971 г. по диску Солнца проходила крупная и быстро изменяющаяся группа пятен. Ее можно было наблюдать невооруженным глазом через светофильтр. Группа возникла между 2 и 15 января на обратной стороне светила, в его северном полушарии. 22—24 января в группе было около 30 пятен.

В эти же дни в хромосфере Солнца происходили вспышки. За четыре часа патрульных наблюдений уссурийские астрономы 23 января зарегистрировали четыре слабые вспышки, а 25 января — вспышку, мощностью в 3 балла. Она началась в 23 часа 07 минут Всемирного времени 24 января и закончилась в 03 часа 24 минуты 25 января. На фотографиях вспышка имела вид светящихся во-

*Солнце 25 января 1971 г. в 00 часов 33 минуты Всемирного времени. Снимок получен на фотогелиографе Уссурийской солнечной станции. В северо-западной части диска видна цепочка пятен*







Запись всплеска солнечного радиоизлучения на частоте 208 Мгц 24 января 1971 г. Всплеск связан с мощной вспышкой на Солнце. (Вверху слева — фотография этой вспышки, сделанная в линии  $H_{\alpha}$  24 января в 23 часа 59 минут Всемирного времени). Два всплеска средней мощности наблюдались в 23 часа 07 минут и 23 часа 12 минут. Начало большого радиовсплеска — 23 часа 15 минут, максимум — 23 часа 20 минут, конец — 23 часа 43 минуты.

доков, вытянутых вдоль меридиана, в направлении с юга на север. В максимальной фазе ее площадь составила  $2,1 \cdot 10^9$  км<sup>2</sup>, что в 40 раз превышает поверхность нашей планеты.

Такие мощные вспышки — явление сравнительно редкое. Астрономы Уссурийской станции наблюдали подобную вспышку почти год назад

(11 февраля 1970 г.), но она длилась всего один час.

Очень крупные вспышки обычно сопровождаются всплесками радиоизлучения. Радиотелескоп Уссурийской станции зарегистрировал всплеск солнечного радиоизлучения на частоте 208 Мгц. Максимальная амплитуда радиовсплеска превысила

уровень радиоизлучения спокойного Солнца в 30 раз.

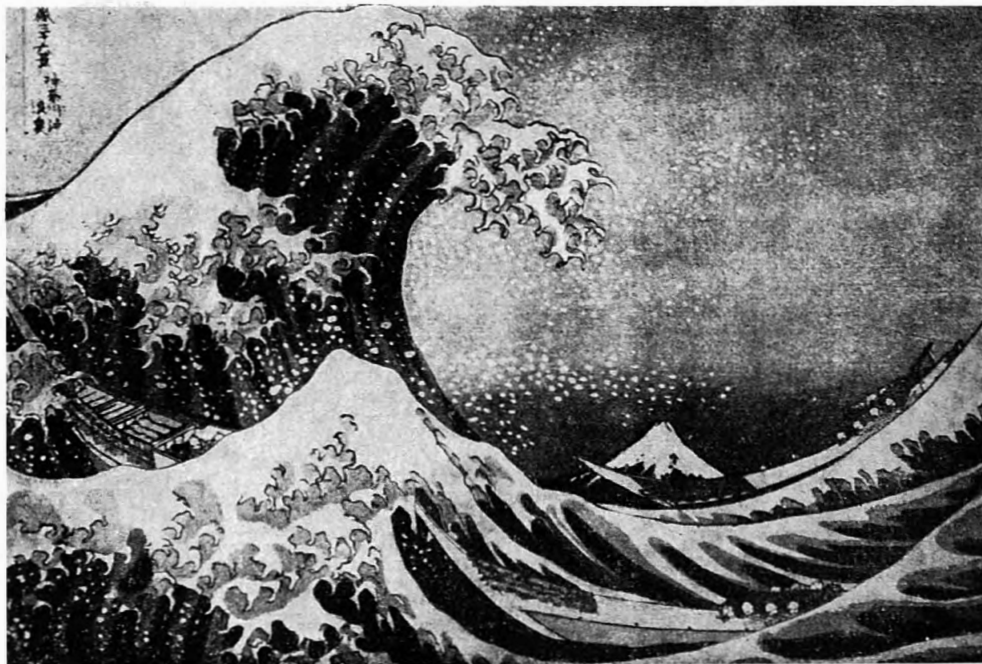
Вспышка вызвала магнитную бурю на Земле. Она началась 26 января в 23 часа 00 минут Всемирного времени и длилась 92 часа.

**В. Ф. ЧИСТЯКОВ**  
кандидат физико-математических наук

Л. П. ВИННИК  
кандидат физико-математических наук

# Ш у м З е м л и

**Шум Земли, или микросейсмы,— колебания, непрерывно возникающие в земной коре. Сейсмические «шумы» создают помехи в работе чувствительных приборов, и поэтому интенсивно изучаются геофизиками.**



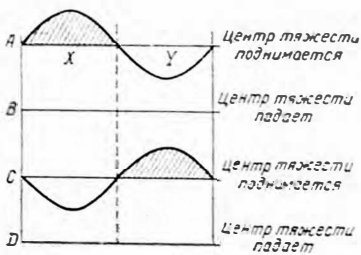
*На знаменитой картине Кацусика Хокусая изображена стоячая волна. Такие волны образуются в центре штормовой области, под ними и возникают микросейсмы*

Если подключить катушку электромагнитного сейсмографа к магнитофону, а затем проиграть запись со скоростью, увеличенной в 10 000 раз, то будет раздаваться чрезвычайно монотонный звук. Это и есть шум Земли — микросейсм. Шум Земли не воспринимается на слух: он порождается очень медленными колебаниями земной поверхности с преобладающим периодом около 5 секунд. Медлительность этих движений неувидительна. Если тонкий лист мембраны динамика способен вибрировать с частотой в тысячи циклов в секунду, то многокилометровая толща земной коры ведет себя совершенно иначе.

Существование микросейсм впервые обнаружил флорентиец Тимотео Бертели почти 100 лет назад. С тех пор люди все чаще встречаются с этим интересным явлением природы. Повышение чувствительности самых разнообразных измерительных инструментов приводит к тому, что они рано или поздно начинают отзываться на колебания земной поверхности. В некоторых случаях прогресс методов измерений зависит от эффективности подавления этих колебаний. Например, уже теперь микросейсмсы воспринимаются как помеха при высокоточных измерениях сил гравитации.

Давно замечено, что у побережья океана микросейсмсы значительно интенсивнее, чем в глубине континентов. Это наблюдение сразу же указывает на источник шума — океан. Однако трудно понять, каким образом в толще воды возникают упругие колебания, распространяющиеся на сотни и тысячи километров. Естественно предположить, что они каким-то образом связаны с волнами на поверхности моря. Но колебания давления, вызванные волной, бегущей по поверхности воды, очень быстро затухают на глубине, и в результате этих пульсаций давления совершенно недостаточно для возбуждения упругих колебаний.

Уже первые исследователи обратили внимание на то, что преобладающий период колебаний в микросейсмсах (около 5 секунд) приблизи-



*Движение поверхности воды в стоячих волнах. Вначале в точке X является вершина волны, а вслед за ней, в точке Y, — подошва. Когда вершина в X понижается, подошва в Y заполняется. Уровень поверхности воды принимает вид, как показано в случае В. Затем подошва появляется в точке X, а вершина — в Y (случай С). Достигнув максимального развития, вершина и подошва снова образуют ровную поверхность (случай D). Пока имеются и вершины, и подошвы, центр тяжести воды поднят над средним уровнем. В случае А вода из подошвы в точке Y, лежащей под средним уровнем, заняла положение над ним в точке X. В случае С вода из подошвы снова поднимается над средним уровнем. Таким образом, центр тяжести поднимается и падает дважды в течение каждого периода волн, т. е. центр тяжести слоя воды пульсирует с удвоенной частотой по сравнению с частотой колебаний частицы воды в волне. Колебания давления без изменения передаются на дно*

тельно вдвое меньше преобладающего периода зыби в океане. Это очень важное соотношение. Оно помогает понять механизм возникновения микросейсм. Оказывается, условия, наиболее благоприятные для создания сейсмического эффекта, возникают при наложении волн, бегущих навстречу друг другу. В этом случае на поверхности воды образуются стоячие волны. В стоячих волнах центр тяжести слоя воды пульсирует с удвоенной частотой по сравнению с частотой колебаний в волне, а колебания без затухания передаются на дно.

Особенно благоприятные условия для образования стоячих волн создаются в центре штормовой области,

где накладываются волны, приходящие с ее окраин. В мемуарах мореплавателей встречаются весьма интересные описания таких волн. Прочитируем «Отчаянное путешествие» Д. Колдуэлла. Автор на маленькой яхте в одиночку пересекает Тихий океан, и его настигает тропический ураган. Вначале апатянул слабый ветерок, срывая пену с покатых гребней волн, бежавших по океану. Позже герой попадает в центр урагана. «Я прорусился потому, что яхта изменила свое поведение. Теперь она взлетала и падала так резко, как никогда раньше. Громадные пологие валы исчезли бесследно, и вместо них вздымались и опускались отвесные водяные горы... трудно передать, что это за зрелище. Представьте себе, что вы находитесь на скале, окруженной со всех сторон множеством других скал, и вдруг, словно по команде, они оживают и с остервенением набрасываются друг на друга». Если бы на дне океана в это время был установлен чувствительный манометр, то он, несомненно, отметил бы значительные пульсации давления.

Можно утверждать, что число публикаций по определенному вопросу отражает интерес научного мира к соответствующей проблеме. Действительно, интерес геофизиков к проблеме микросейсм непрерывно возрастал. Так, в 1956 г. этой теме было посвящено около 600 работ. Правда, некоторые объясняют обилие микросейсмических исследований иначе: «Публикации по микросейсмсам очень многочисленны, но среди них слишком много второстепенных работ. Эта тема часто привлекает авторов, не имеющих должного критического суждения, или с недостаточной подготовкой... Квалифицированный исследователь редко обращает внимание на этот предмет...». Какова бы ни была истинная причина столь большой популяр-

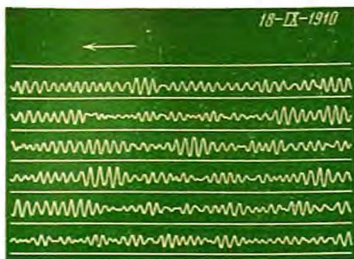
\* Ч. Рихтер. Элементарная сейсмология. «Наука», М., 1958 г.

ности, уже после выхода в свет книги Ч. Рихтера число работ о микросейсмах удвоилось.

Что же произошло? Чем объяснить возросший интерес к изучению микросейсм? Можно назвать некоторые причины, совершенно различные по масштабу и значению. И все-таки... В период второй мировой войны многие метеорологи пытались использовать микросейсм для улучшения прогнозов погоды. Тогда уже не было сомнений в океаническом происхождении микросейсм. Приблизительно в 1944 г. у побережья США установили метеорологические сейсмические станции, оборудованные тремя сейсмографами, расположенными треугольником в километре друг от друга. По записям сейсмической волны в трех точках можно было определить пеленг источника.

Во время Международного геофизического года метеорологические сейсмические станции были созданы и в СССР, и в ряде других приморских государств. Наблюдения дали ценный научный материал, но их практический эффект оказался невелик. Дело в том, что даже сильные атмосферные возмущения, если они возникали на расстоянии 500—1000 км от берега и далее, не сопровождались ощутимым на суше сейсмическим эффектом. И все-таки наблюдения, полученные в период Международного геофизического года, прояснили механизм распространения микросейсм.

Вообще сейсмическая энергия передается продольными, поперечными и поверхностными волнами. Продольные и поперечные волны распространяются в земном шаре по тем же законам, что и свет в атмосфере. Изменение коэффициента преломления с глубиной приводит к искривлению лучей. Поэтому продольная волна, возникающая у поверхности Земли и наблюдаемая на расстоянии около 10 000 км от источника, большую часть пути проходит на глубине 2000—3000 км. Поверхностные волны распространяются только в верхнем слое Земли и очень похожи на известные всем волны на воде.



*Запись микросейсм, полученная новоположником русской сейсмологии Б. Б. Голицыным в Пулковке 18.IX.1910 г.*

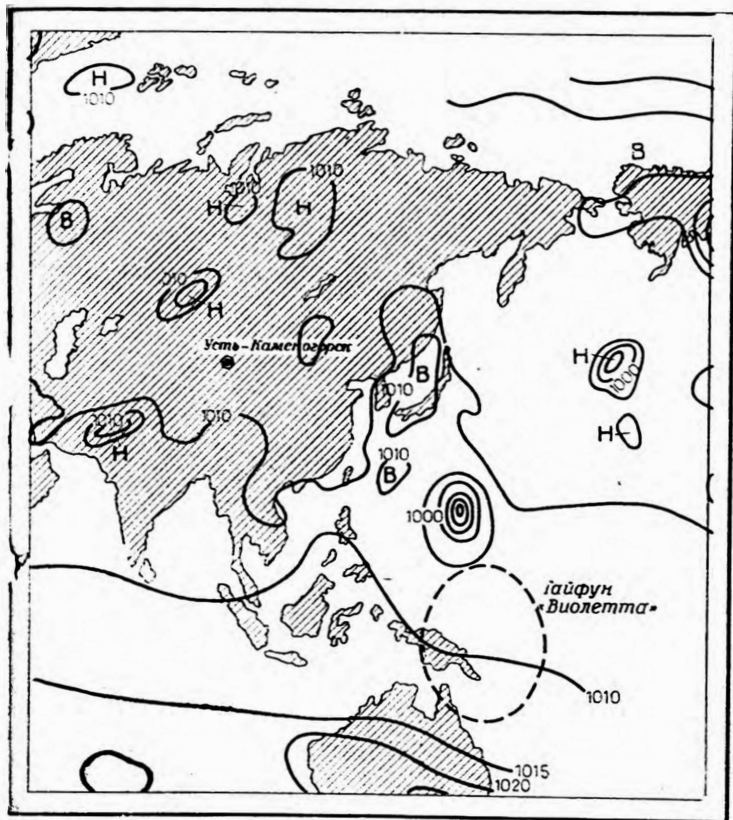
К 1960 г. все наблюдения и теоретические исследования доказывали, что микросейсм — не что иное как поверхностные волны. Этот факт стал достоянием учебников. Возьмем его за основу и попытаемся найти причину неудачных попыток сейсмического поиска штормов, зарождающихся вдали от побережья. Проследим за поверхностными волнами. Возникнув, они очень хорошо распространяются в земной коре с гладкостойким строением. Резкие изменения толщины земной коры оказывают на поверхностные волны примерно такое же действие, как воллолом на зыбь, бегущую по океану. Такой «воллолом» существует именно между океаном и континентом, где земная кора перестраивается и у поверхности (выклинивается один из ее слоев — водный) и на больших глубинах. Это обстоятельство, возможно, и есть главный виновник описываемых нами неудач в метеорологических прогнозах по данным о микросейсмах.

Современный этап исследований микросейсм наступил в период международных переговоров о запрещении ядерных испытаний. Ведь микросейсм — это еще и помеха, препятствующая обнаружению сейсмических волн от взрывов и землетрясений. Для того чтобы бороться с помехами, нужно очень хорошо их знать: отыскивая слабый сигнал, приходится использовать тончайшие отличия между ним и помехой. В по-

следние годы сейсмические шумы стали исследовать не у побережий, а в центральных частях континентов. Вместо тройных станций применяют наборы сейсмографов с базой в десятки километров. Разработаны и уже используются цифровые методы анализа записей на ЭВМ. Структуру микросейсм принялись изучать не только на поверхности Земли, но и в глубоких скважинах и на дне океана. И вот в 1964 г. ученые обнаружили в микросейсмах продольные волны. Это был значительный сдвиг в представлениях о природе микросейсм. Существенно, что продольные волны проникают на огромные расстояния от источника с небольшими потерями; при этом они почти не подвержены разрушительному действию неоднородных поверхностных структур земной коры. Открытие продольных волн в микросейсмах можно уподобить реставрации известной картины, когда под верхним слоем красок обнаруживается более древнее, ранее неизвестное изображение. Пользуясь этой аналогией, можно сказать, что шум Земли состоит из двух «слоев». Верхний (давно известный) слой сформирован поверхностными волнами главным образом прибрежного происхождения. В центральных частях больших континентов он становится тоньше, и под ним проступает новый (недавно обнаруженный) слой, сформированный продольными волнами от очень далеких источников.

В СССР, в центре Евразийского континента, находятся самые тихие (в сейсмическом отношении) места на земном шаре; здесь максимум амплитуда микросейсм с периодом около 5 секунд снижается здесь до сотых долей микрона. Здесь впервые и были обнаружены микросейсмические продольные волны и начато их изучение. Пока они исследованы очень мало, но и то, что известно, представляет интерес.

Где и как зарождаются микросейсмические продольные волны? Обратимся к синоптической карте мира



Фрагмент синоптической карты 5 октября 1961 г. Сплошными линиями показаны изобары — линии равного атмосферного давления. Между Японией и островом Борнео зародился тропический циклон (тайфун) «Вioletта». Здесь же пунктиром показана область, где возникли микросейсмы. Они были записаны очень далеко от источника — в Усть-Каменогорске

за 5 октября 1961 г. Между Японией и островом Борнео зародился тропический циклон (тайфун) «Вioletта».

Здесь же расположен источник продольной волны, выделенной при анализе микросейсм, записанных в райо-

но Усть-Каменогорска (Восточный Казахстан). Источник продольной волны, несомненно, связан с тайфуном: пеленги центра тайфуна и эпицентральной области, по отношению к Усть-Каменогорску, практически совпадают. Некоторое расхождение в расстояниях до Усть-Каменогорска следует отнести за счет относительно низкой точности определения эпицентрального расстояния. Дальность обнаружения тайфуна — 9000 км — кажется огромной, даже в наш век больших расстояний и скоростей. Сейчас можно говорить о практически неограниченной дальности обнаружения сильных возмущений поверхности океана по микросейсмическим продольным волнам. Какова же должна быть сила в источнике, чтобы порожденные ею сейсмические волны могли быть отмечены на таком удалении? Расчеты показывают, что равнодействующая сил, приложенных к дну океана в районе тайфуна «Вioletта» (а это был заурядный, далеко не самый свирепый тайфун), имела амплитуду порядка 50 млн. т! Площадь же, на которой происходило образование микросейсм, составляла около 400 000 км<sup>2</sup>. Итак, записи смещений на тихой сейсмической станции — это своеобразная летопись по крайней мере трех видов катаклизмов, происходящих на нашей планете: в коре и оболочке Земли — землетрясения, в атмосфере и океане — тайфуны, и наконец, ядерные взрывы.

Сейсмические шумы, возникающие в результате взаимодействия атмосферы, океана и земной коры, ожидают исследователей, труд которых будет щедро вознагражден новыми открытиями.

## Вениамин Григорьевич Богоров

16 апреля скоропостижно скончался выдающийся советский океанолог, морской биолог, член-корреспондент Академии наук СССР Вениамин Григорьевич БОГОРОВ. За день до кончины на II съезде Всесоюзного гидробиологического общества в Кишиневе он прочел новый доклад...

Биография Вениамина Григорьевича типична для ученого советской эпохи. В. Г. Богоров родился в Москве 24 декабря 1904 г. Девятнадцатилетним студентом Московского университета пришел он в Плавучий морской научный институт и вскоре отправился в первое плавание на «Персее». С тех пор вся его жизнь связана с морем: он плавал во всех океанах и многих морях, участвовал в переходе ледореза «Литке» из Севастополя во Владивосток (1929 г.), в историческом походе «Литке» (1934 г.) из Владивостока в Мурманск за одну навигацию.

В. Г. Богоров работал в Плавучем морском научном институте, затем в Государственном океанографическом институте и Всесоюзном институте морского рыбного хозяйства и океанографии. В 1941 г. академик П. П. Ширшов организовал в Академии наук Лабораторию океанологии, и В. Г. Богоров стал заместителем директора лаборатории, а затем института, оставаясь на этом посту два десятилетия.

В 1949 г. место потопленного фашистскими пиратами «Персея» занял «Витязь». В. Г. Богоров был не только одним из авторов проекта переоборудования сухогруза в первоклассный исследовательский корабль, но и участником первых рейсов «Витязя». Он ходил на нем и в дальневосточные моря, и к глубинам Курило-Камчатской впадины, и к Новой Зеландии, и в Индийский океан. В шестнадцати морских экспедициях работал Вениамин Григорьевич и многими из них руководил.

Научная деятельность В. Г. Богорова была посвящена изучению жизни океанской пелагиали — обитателей толщи воды от поверхности до дна. Он был подлинным пионером широких комплексных исследований морского планктона и биологической продуктивности пелагиали. Начав эту работу в морях Арктики, он последовательно продолжил ее на Каспии, в морях Дальнего Востока и, наконец, на бесконечных просторах открытого океана.

Сотни морских биологов пользуются стандартными общепринятыми методами сбора и обработки планктона, считая их чем-то таким, что само собой разумеется. Но ведь в первые годы работы «Персея» ничего подобного не существовало. Именно В. Г. Богоров вместе с В. А. Яшновым разработывал стандартные модели планктонных сетей, замыкателей, стаканчиков... Сеть БР (Богорова — Рассе), планктонособиратель Богорова, порционная пипетка Богорова, счетная камера Богорова — теперь эти названия можно найти в любом справочнике по методам гидробиологических исследований; на борту



*В. Г. Богоров (1904—1971)*

каждого океанографического судна есть эти приборы. В. Г. Богоров первым применил важнейший метод стандартного веса планктонных организмов разных видов. Метод позволяет рассчитывать биомассу по результатам измерения количества планктона. Сорок лет назад эту чудовищно трудоемкую работу считали нереальной задачей — теперь разработанные В. Г. Богоровым и его учениками таблицы стандартных весов планктонных организмов лежат на рабочем столе каждого планктонолога.



В. Г. Богоров тщательно изучил два важнейших явления в жизни планктона — сезонность жизненных циклов и суточные вертикальные миграции. Анализ жизненных циклов планктона привел В. Г. Богорова к важному общению — знаменитой схеме биологических сезонов в жизни морей всех широт.

Изучая планктон арктических морей, В. Г. Богоров и его коллеги разработали методы выделения водных масс и прогнозирования ледового режима по биологическим показателям. Эти работы высоко оценили моряки-северяне: В. Г. Богорову было присвоено звание Почетного полярника.

В. Г. Богоров разработал учение о продуктивных районах океана. Он проследил процесс образования первичной продукции фитопланктона и путь его трансформации до конечного звена пищевой цепи — промысловых рыб; составил карту распределения высокопродуктивных и малопродуктивных районов в Мировом океане, рассчитал общее количество и годовую продукцию растений и животных океана. На этой основе он впервые показал, что живые богатства океана не безграничны и далеко не так велики, как казалось и до сих пор кажется людям, далеким от исследования жизни океана. Полученные В. Г. Богоровым оценки служат и будут долго служить базой для рационального подхода к использованию биологических ресурсов океана.

Одним из наивысших достижений В. Г. Богорова была разработка совместно с академиком Л. А. Зенкевичем учения о биологической структуре и географической зональности океана. Все последние годы своей жизни, особенно после того как тяжелое сердечное заболевание сделало для него невозможным участие в морских плаваниях, В. Г. Богоров посвятил изучению общих принципов биологии моря, принципа единства природы океана. Принцип единства позволил связать в одно целое географические, геологические, гидрологические и биологические закономерности структуры океана.

В. Г. Богоров обладал острым тактическим и стратегическим чутьем в науке. Одним из первых поднял он голос против предложенного в США проекта захоронения радиоактивных отходов в глубинах океана и сумел доказать мировой общественности несостоятельность этого проекта так убедительно, что «захоронен» был сам проект и, будем надеяться, навсегда.

В. Г. Богоров был прирожденным руководителем и воспитателем молодежи. Он заведовал кафедрой географии полярных стран географического факультета, а в последние годы — кафедрой гидробиологии биологического факультета МГУ и лабораторией планктона Института океанологии АН СССР. Незаурядный педагог В. Г. Богоров никогда не водил учеников «на помочах»

решительно сталкивал их в бурное море науки и заставлял выплывать самих, дружески помогая в критических ситуациях.

В. Г. Богоров был блестящим популяризатором науки: «Подводный мир», «Моря и океаны», «Жизнь моря», «Жизнь в море», «Жизнь океана», «Океаны», «Животный мир морей и океанов и его хозяйственное значение», «Дальние плавания на «Витязе» — эти книги выходят сотысячными тиражами, некоторые из них выдержали несколько изданий. Популярные книги В. Г. Богорова переведены на польский, чешский, словацкий, болгарский, венгерский языки, многие языки народов СССР. Несколько переводных книг о жизни моря, о морских плаваниях были изданы в нашей стране под редакцией и с предисловиями В. Г. Богорова.

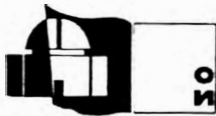
В. Г. Богоров написал больше 220 научных и популярных книг и статей, не считая множества газетных статей. Работоспособность удивительная!.. если учесть, что все это он сделал своими руками: В. Г. Богоров никогда не имел даже лаборанта.

Одна из самых чудесных и привлекательных черт Вениамина Григорьевича — это дружелюбие, тактичность, внимание, глубокое уважение к личности собеседника, независимо от чинов и образовательного ценза. Встречаясь с ним, каждый невольно мобилизовал в себе лучшее, активное начало. Немногие имели столько искренних друзей в нашей стране и за рубежом, как В. Г. Богоров. Необычайно велик научный и общественный авторитет этого замечательного человека. Вениамин Григорьевич был одним из руководителей Всесоюзного гидробиологического общества, Научного совета по гидробиологии, ихтиологии и использованию биологических ресурсов водоемов, Океанографической комиссии, Ихтиологической комиссии, членом Морской биологической ассоциации Англии, Международного совета по изучению морей и т. д. В 1958 г. он был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Труды В. Г. Богорова были отмечены высокими правительственными наградами. Он был награжден орденом Ленина, орденом Красной Звезды, дважды — орденом Трудового Красного Знамени, медалями. В 1951 г. за океанологические исследования на «Витязе» В. Г. Богоров был удостоен Государственной премии СССР.

Безвременная смерть В. Г. Богорова — утрата, глубокую горечь которой ощущает каждый исследователь океана.

Институт океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР  
Океанографическая комиссия Академии наук СССР

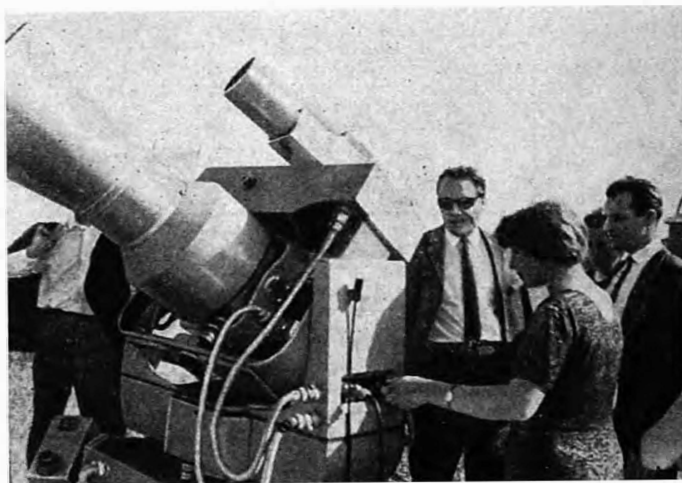


## Наблюдения искусственных спутников Земли в Ужгороде

Станция оптических наблюдений искусственных объектов при Ужгородском государственном университете создана в 1957 г. В первые годы существования станции наблюдения проводились для проверки расчетной траектории спутников. Тогда все подобные станции Советского Союза были снабжены трубками АТ-1 с полем зрения  $11^\circ$ . Каждая трубка перекрывала половину поля зрения двух соседних. Первый советский искусственный спутник Земли и его ракету-носитель на нашей станции наблюдали на рассвете 6 октября 1957 г. Желающих увидеть

первый искусственный спутник было много. В предсказанный по эфемериде момент двое наблюдателей увидели спутник, чуть позже еще двое заметили его ракету-носитель. Все радовались: спутник идет по намеченной трассе.

Первые наблюдения использовались в основном для эфемеридной службы. Такие наблюдения спутников не потеряли своего значения и по сей день. Однако, требования к методике сейчас значительно возросли. Прежде момент прохождения спутника возле какой-нибудь звезды отмечался по секундомеру. Полученное



*У следящей камеры АФУ-75*

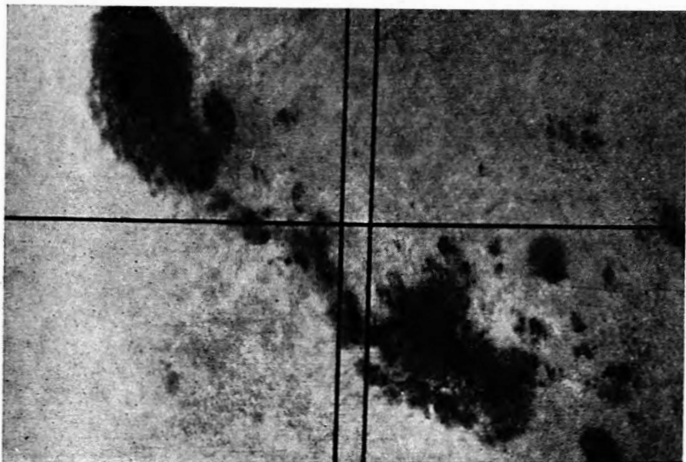
значение сверяли с точным временем. Теперь сигнал момента времени непосредственно передается на ленту хронографа, а для наблюдений используются более удобные трубки ТЗК.

На Ужгородской станции визуальные наблюдения всегда ведут студенты. Состав студентов-наблюдателей меняется. Начинающие занимаются в астрономическом кружке, который работает на физическом факультете. Кружковцы знакомятся со звездным небом, обучаются способам преобразования координат, переводу звездного времени в среднее, и наоборот, осваивают работу с сеткой Вульфа. После первого года занятий в кружке студенты могут самостоятельно проводить наблюдения и оформлять результаты. Мы подбираем из числа кружковцев наиболее активных, поручаем им визуальные наблюдения, к каждому более опытному наблюдателю прикрепляем новичка.

Со временем оптические наблюдения дали возможность установить распределение плотности атмосферы с высотой, уточнить фигуру Земли, отыскать географические координаты некоторых наземных пунктов, изучить особенности орбит искусственных спутников. Необходимую точность могут обеспечить только фотографические наблюдения.

На Ужгородской станции фотографические наблюдения спутников ведутся с 1958 г. Фотографические наблюдения и их обработку успешно выполняют наши постоянные наблюдатели — в основном выпускники Ужгородского государственного университета — А. Г. Кириченко, С. И. Миронюк, Г. В. Москалева, Я. В. Мотрунич. Привлекаются также кружковцы и студенты, специализирующиеся по астрономии. Вначале мы использовали камеру НАФА-3с/25, сейчас станция располагает тремя камерами: УФИСЗ, АФУ-75 и ФАС.

УФИСЗ — наиболее испытанный прибор. Им можно уверенно наблюдать объекты 3-й звездной величины. Положение среди звезд определяется с точностью 3—4 секунд дуги, а



*Группа солнечных пятен. Изображение получено на телескопе АВР-2*

время фиксируется с точностью до 5 миллисекунд.

Наблюдения слабых объектов производятся на камере АФУ-75. Азимутальная установка камеры, четырехосная, специальная следящая си-

стема позволяет компенсировать движение спутника по малому кругу. На снимке получаются изображения объектов 8-й — 9-й звездной величины. Положения яркого объекта определяются с точностью до одной се-



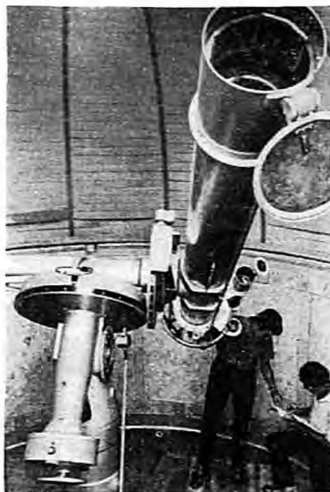
*В вычислительном центре*

кунды дуги, а момент времени фиксируется с точностью до одной миллисекунды. Слабые объекты, которые фотографируют с компенсацией суточного движения неба, получаются с меньшей точностью: положение — до 2—3 секунд дуги, а время — до 2—3 миллисекунд.

Ужгородская станция располагает большим фотографическим материалом наблюдений на камерах УФИСЗ и АФУ-75. Только за последние пять лет, с 1966 по 1970 г., мы получили более двух тысяч негативов с изображением ярких объектов (типа «Пагеос») и слабых (типа «Мидас», «Космос»). Часть этого материала обработана в Ужгороде: определены топцентрические координаты положения спутника среди звезд и соответствующее точное время. Плоские координаты определяются с помощью точных измерительных машин УИМ-21 и «Comess». Для перевода координат из плоской системы в сферическую применяется классический метод Тернера. Необходимые вычисления выполняются на вычислительной машине «Минск-14».

Вычисленные координаты положений спутника пересылаются в Астрономический совет Академии наук СССР.

Особо важный этап фотографических наблюдений искусственных спутников Земли — синхронные наблюдения активных и пассивных объектов. Синхронные наблюдения позволяют решать ряд прикладных задач геодезии. Для этого широко применяют метод космической триангуляции. Фотографируя на фоне звезд, наблюдатель должен определить положение объекта и точно зарегистрировать момент времени синхронно с другими наблюдателями. Результаты наблюдений используются геодезистами для определения координат наземных пунктов. Лучше фотографировать активные спутники, снабженные импульсными лампами («Геос-А» и «Геос-Б»). На нашей станции проведены два синхронных сеанса наблюдений спутника «Геос-Б». Серии вспышек этого спутника одновременно наблюдались в Риге, Хельсинки, Сан-Фернандо, Дионисе,



*Работа с телескопом АВР-2*

Нице. В Ужгороде применяли камеру АФУ-75. Мы получили более 200 кадров со вспышками и обработали более 1000 точных положений. Результаты высланы в Астрономический совет Академии наук СССР и (поскольку работа выполнялась по программе международного сотрудничества) в Смитсоновскую обсерваторию (Кембридж, США).

Турбулентные потоки воздуха в земной атмосфере искажают фронт световой волны, распространяющейся от объекта к наблюдателю. Изображения в поле зрения телескопа дрожат. Амплитуда дрожаний изменяется от дня к ночи, от зимы к лету. Частота дрожаний также непостоянна. Так изображения объекта смещаются по отношению к звездам. Чтобы учесть ошибку, вызванную дрожаниями, требуется определить «паспорт» пункта наблюдений, т. е. по большому статистическому материалу выявить наиболее вероятную амплитуду дрожаний в различное время и в различных точках небесной сферы.

Подобные работы, как правило, выполняются по наблюдениям звезд.

Мы решили определить «паспорт» нашего пункта по спутникам. Для этого использовали телескоп АВР-2 (диаметр объектива 200 мм, фокусное расстояние 3 м). Следы ярких спутников фотографировали на пластинки. Обнаружить спутник телескопом, монтированным на параллактической установке, очень трудно. Спутник наблюдали в гид. Затем труба телескопа уводилась вперед приблизительно по трассе спутника и закреплялась. На фотопластинке, заранее поставленной в фокусе телескопа, остается волнистый (из-за дрожаний изображения) след спутника. По следу можно определить высокочастотную составляющую дрожаний.

Наша сотрудница И. В. Швалагин в течение трех лет собрала большой материал и определила амплитуду дрожаний, оказавшуюся равной  $0,3$  в зените (у горизонта иногда до 3 секунд дуги). Полученное отклонение больше ошибки прибора, и его надо учитывать при точной обработке наблюдений. Максимум спектра дрожаний приходится на частоту 3 гц. Выполненная работа явилась кандидатской диссертацией. И. В. Швалагин — первый астроном, кандидат физико-математических наук, закончившая Ужгородский университет.

Мы попытались поставить и другие астрономические работы, например наблюдение активных областей на диске Солнца. Для этого использовали телескоп АВР-2. Диаметр изображения Солнца окулярной системой увеличивается до 20 см. Увеличенное изображение проектируется на белый экран. При хороших условиях наблюдений можно фотографировать группу пятен. Эти наблюдения помогли установить, что наш «паспорт» гораздо хуже днем, чем ночью.

В 1970 г. на Ужгородской станции комету Беннета фотографировали на камере АФУ-75 и на бредихинском астрографе.

Бредихинский астрограф в начале века сыграл немаловажную роль в развитии отечественной астрофизики. В 1901 г. Ф. А. Бредихин пожертво-

вал Пулковской обсерватории 1500 рублей на покупку короткофокусного астрографа для фотографирования слабых объектов — комет и планет. Астрограф был заказан фирме «Цейсс» в Иене и в 1905 г. установлен в восточной башне главного здания Пулковской обсерватории. На астрографе работали А. П. Ганский, Г. А. Тихов. Позже были заказаны объективные призмы.

В 1965 г. Ученый совет Пулковской обсерватории передал астрограф Ужгородской станции. Мы его «обзавили», поставили на параллактическую установку АПШ-6, привели в

рабочее состояние. Этот исторический прибор используется теперь для наблюдений за активными спутниками.

Ужгородские астрономы поддерживают дружеские связи с ведущими астрономическими обсерваториями Советского Союза. Астрономический совет Академии наук СССР внимательно следит за работой станции. Астрономы Пулкова, Москвы, Крыма, Одессы и Киева — наши постоянные консультанты. Развиваются деловые контакты с зарубежными исследовательскими центрами. В порядке международного сотрудниче-

ства Смитсоновская обсерватория высылает нам карты и каталоги SAO.

Ужгородская станция принимает стажеров для обучения наблюдениям искусственных спутников Земли.

Станция и кружок выпестовали много энтузиастов-астрономов и популяризаторов астрономии. Мы постоянно проводим экскурсии, знакомим всех желающих с нашей работой, считая своим долгом пропагандировать достижения науки о Вселенной.

**М. В. БРАТИЧУК**

кандидат физико-математических наук



## НЕСПОКОЙНОЕ ДНО ОКЕАНА

Океаническое дно — мир безмолвия! Здесь стремятся сейсмологи проводить свои наблюдения: на дне не мешают ни течения, ни волнение поверхности моря. Нет здесь и волпомех, порождаемых звуками. Зато можно регистрировать все типы сейсмических волн, пронизывающих Землю, кроме поперечных волн сдвига, которые не проходят сквозь воду.

Задолго до того как океан осветился прожектором батискафа, на дне был установлен первый сейсмограф. Разработкой конструкций донных сейсмических станций занимались многие научные учреждения: Ламонтская геологическая обсерватория Колумбийского университета, Техасская инструментальная компания, Институт геофизики и планетарной физики (США), Московский государственный университет, Институт физики Земли АН СССР, Национальный институт океанографии (Англия).

Лучшие станции оснащены трехкомпонентными установками сейсмо-

графов, ориентированных по взаимно перпендикулярным направлениям. Это позволяет определить полный вектор смещения дна под действием сейсмических колебаний. Кроме того, есть гидрофон — приемник волн давления в воде. По соотношению амплитуд давления и смещения можно судить о типе сейсмических волн. Колебания записываются на магнитную ленту в обычном аналоговом или цифровом двоичном коде. Последнее удобно для непосредственного ввода и обработки данных на электронно-вычислительных машинах. Магнитная память позволяет вести непрерывную запись от нескольких часов до нескольких суток. В некоторых вариантах конструкции результаты наблюдений сразу передаются по гидроканалу на курсирующей близости корабль. Самая рискованная операция при работе с донными станциями — их погружение и подъем. Находка конструкторов — самовсплывающие донные станции, которые опускаются под

действием собственного веса, проводят запись в течение назначенного времени, затем автоматически сбрасывают балласт и всплывают. На поверхности океана станция передает позывные, и ее отыскивает корабль.

В последние десятилетия донные сейсмические измерения проведены в Тихом, Атлантическом и Северном Ледовитом океанах, в Черном и Карибском морях. Их основной эффект — изучение региональных микросейсм. Оказалось, что океанское дно вовсе не бесплотно. Среднее давление сейсмического фона в полосе частот 2—100 гц составляет 0,725 дин/см<sup>2</sup>. И хотя эти звуки не уловимы человеческим ухом, они много больше, чем средний уровень микросейсм на материке. Этот неожиданный, но вполне достоверный вывод получен при анализе синхронных наблюдений на Гавайях, в Калифорнии и на Тихоокеанском ложе.

Разумеется, это не означает, что донные наблюдения нецелесообразны. Недавно появился новый аспект этих измерений — изучение строения Земли под океанами с помощью искусственных взрывов.

«Marine Geophysical Research»,  
1, 1970.



**Награждение  
Института  
физики  
Земли  
орденом Ленина**



Академик М. А. САДОВСКИЙ: *Наша геофизика родилась в советское время. Вы знаете, что мощным импульсом ее развития было то внимание, забота и интерес, которые оказывал В. И. Ленин работам на Курской магнитной аномалии уже в самые первые годы Советской власти. В то тяжелое время уже работала экспедиция на КМА, которая явилась школой, выступившая целую плеяду крупнейших советских геофизиков. Их роль в развитии советской геофизики, а значит, и в развитии нашего института была очень велика. К положительным характеристикам института можно отнести постоянное внимание к вопросам региональной геофизики, организации локальных систем геофизических наблюдений в республиках, краях и областях нашей Родины. Это внимание обеспечило то, что сейчас имеются мощные центры геофизических исследований в республиках Закавказья, в Средней Азии, на Украине, в Сибири, на Дальнем Востоке*



*Член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже вносит знамя Института физики Земли*



Академик А. М. ОБУХОВ: Я имел счастье работать с этим коллективом, когда геофизики объединялись в рамках одного института. Но жизнь идет вперед, наука развивается. Из единого Геофизического института выделился Институт физики атмосферы. Все-таки Земля едина и атмосфера является ее частью. Говорят, атмосфера так и произошла: сначала Земля была твердой, а затем в результате выделения газов образовалась атмосфера. Так получилось и у нас в Академии наук СССР при организации геофизических институтов...



9 марта в Доме ученых состоялось торжественное заседание, посвященное награждению большого научного коллектива высшей наградой страны — орденом Ленина.

На торжественном заседании выступили: директор Института физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР академик М. А. Садовский, начальник Главного управления Гидрометслужбы при Совете Министров СССР академик Е. К. Федоров, директор Института физики атмосферы АН СССР академик А. М. Обухов, Председатель Межведомственного геофизического комитета, член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов, заместитель начальника Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР Л. А. Капин и другие.

Депутат Верховного Совета СССР, Президент Академии наук СССР, академик Мстислав Всеволодович Келдыш зачитал Указ Президиума Верховного Совета СССР и прикрепил орден Ленина к знамени Института физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР. В начале своей речи Мстислав Всеволодович упомянул имена зачинателей советской геофизики: Б. Б. Голицына, П. Н. Никифорова, О. Ю. Шмидта. Президент Академии наук СССР отметил значительный вклад института в народное хозяйство страны: «Работа института находится на высоком научном уровне, она затрагивает труднейшие проблемы, связанные со скрытыми недрами нашей планеты, связанные с эволюцией нашей планеты, которая откладывает отпечаток на ее современный облик. Мы высоко ценим работы института за то, что они всегда откликаются на самые острые практические проблемы, помогают нашей промышленности. Я хочу пожелать институту дальнейших крупных успехов в изучении нашей планеты».

Член-корреспондент АН СССР

В. В. БЕЛОУСОВ: Высокое отличие следует понимать, пожалуй, не только как похвалу тому, что было сделано или что делается в Институте физики Земли сейчас, а как уверенность в том, что этот институт, и весь коллектив советских геофизиков сможет в дальнейшем достичь гораздо больших успехов



Академик Е. К. ФЕДОРОВ: Много научных учреждений вышло из Института физики Земли, сотрудником которого был и я несколько лет. Три научных института выпущены в самостоятельную жизнь: Институт прикладной геофизики, Институт экспериментальной метеорологии в Обнинске и Высокогорный геофизический институт в Вальчике. Я могу уверить, что это потомство не забудет вас.



Фото В. А. Милушенко



## Из чего образуются звезды?

Большинство астрономов считает, что звезды конденсируются из газопылевой среды. Эта концепция воходит к представлениям И. Канта и П. Лапласа об образовании миров, к работам Дж. Джинса о гравитационной неустойчивости, и ее можно называть классической. Согласно другой гипотезе, звезды образуются при делении гипотетических сверхплотных тел. Она принадлежит академику В. А. Амбарцумяну и разрабатывается в Бюраканской астрофизической обсерватории.

Сторонники классической концепции полагают, что успехи наблюдательной астрономии и развитие теории с каждым годом подкрепляют их позиции. Однако некоторые астрономы и философы уверены в обратном: «...тенденция развития современной космогонии пока довольно однозначна — все меньше шансов на успех у классического направления, появление все новых и притом все более веских аргументов в пользу направления, основы которого разрабатываются в Бюраканской обсерватории»\*. Эти слова заслуживают самого пристального внимания, ибо затрагивают слишком важную проблему. Гипотеза образования звезд из газа и пыли лежит в основе теории звездной эволюции, выводы которой используются теперь во всех областях звездной астрономии и астрофизики.

\* В. В. Казютинский. Современное состояние космогонической теории. «Проблемы современной космогонии». Сб. статей под редакцией В. А. Амбарцумяна. М., 1969 г., стр. 349.

Если теория звездной эволюции неверна, рухнет вся система наших представлений о мироздании. Даже методы определения расстояний во Вселенной окажутся под сомнением. Кроме того, не существует схемы эволюции звезд, образующихся из сверхплотной дозвездной материи, и если необходимо отказаться от классической концепции, астрономам грозит опасность остаться у разбитого корыта.

Бюраканская концепция основана на данных о звездных ассоциациях, характеристиках вспыхивающих звезд, явлениях в ядрах галактик и предполагаемой нестабильности групп галактик. Можно ли считать сейчас эти данные вескими аргументами в пользу гипотезы образования звезд из сверхплотной дозвездной материи?

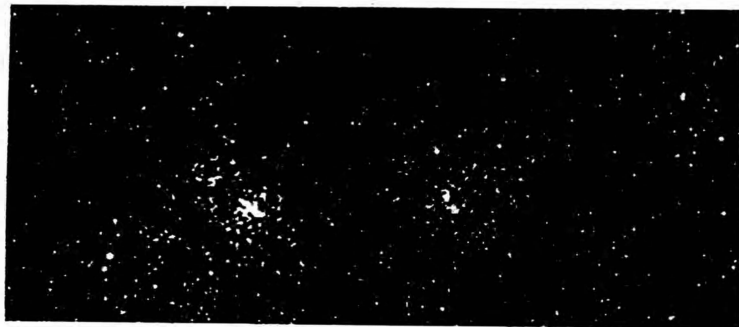
### ЗВЕЗДНЫЕ АССОЦИАЦИИ

В 1947 г. В. А. Амбарцумян обратил внимание на группы горячих звезд спектральных классов О и В вокруг некоторых рассеянных скоплений и предложил назвать их О-ассоциациями. Размеры ассоциаций существенно больше размеров звездных скоплений; средняя пространственная плотность звезд классов О и В в ассоциациях слишком мала, и они не могут долго удерживаться вместе взаимным тяготением. Поэтому В. А. Амбарцумян пришел к выводу о неизбежности распада ассоциаций и, следовательно, о молодости наблюдающихся сейчас ассоциаций. Если

ассоциации молоды, то звездообразование должно происходить и в наше время, и звезды должны рождаться группами. Этот важнейший вывод сразу же получил широкое признание, тем более, что молодость ОВ звезд подтверждалась их высокой светимостью. Еще в конце 30-х годов Г. Бёте и другие физики установили, что источником энергии звезд является превращение водорода в гелий, и звезды высокой светимости за время порядка миллионов лет должны израсходовать свое ядерное горючее.

Поскольку плотность ассоциации мала, входящие в нее звезды гравитационно не связаны и под действием галактического вращения ассоциация должна бы довольно быстро вытянуться в плоскости Галактики. У нескольких известных в то время ассоциаций этого, однако, не наблюдалось, и В. А. Амбарцумян предположил, что звезды ассоциации разлетаются в разных направлениях из того небольшого объема, в котором они возникли. Чтобы форма ассоциации оставалась круглой, скорость разлета звезд должна быть не менее 1 км/сек, но она не может быть и более 10 км/сек, ибо тогда расширение ассоциаций будет слишком заметным. Итак, в момент образования звезд началось расширение ассоциации со скоростью порядка 5 км/сек. Ассоциации должны расширяться! — это и есть знаменитое предсказание В. А. Амбарцумяна.

В 1952 г. А. Блау из анализа собственных движений звезд обнаружил расширение ассоциации Персей II — группы О- и В-звезд вокруг  $\gamma$  Персея, а П. П. Паренго показал неустойчивость кратной системы Трапеции Ориона в Мече Ориона. При конденсации диффузного вещества может возникнуть только устойчивая система, а ассоциации оказывались нестабильными. И если раньше В. А. Амбарцумян лишь в качестве альтернативы классическим представлениям считал возможным образование звезд в ассоциациях при распаде компактных, массивных и, следовательно, сверхплотных тел, то в 1955 г. он пишет, что «мы должны отказаться от старой идеи формирования



Двойное скопление  $\eta$  и  $\zeta$  Персея — ядро ассоциации Персей OBI

звезд из диффузной материи и предположить, что как диффузная материя, так и звезды возникают одновременно в результате деления протозвезд\*.

Каково современное состояние вопроса? Нестабильны ли ассоциации, и если да, то неизбежно ли отсюда следует образование звезд из сверхплотных тел?

Если в О-ассоциации помимо ярких и горячих звезд есть слабые и холодные, то плотность ее может быть достаточно большой и она вполне может быть устойчивой. Но как выяснить, входят ли такие звезды в состав ассоциации?

Исследуя звездные скопления, П. Н. Холопов и Н. М. Артюхина обнаружили у них обширные короны. Их радиус обычно в 3—10 раз превышает радиус ядра скопления. В коронах много слабых звезд, и имеются все основания считать их устойчивыми. Ярчайшими звездами корон скоплений, ядра которых состоят из звезд спектральных классов О и В, могут быть звезды О-ассоциаций. По мнению П. Н. Холопова, ассоциации, у которых ядрами служат О-скопления, «являются в действительности... обыкновенными динамически устойчивыми молодыми звездными скоплениями\*\*». К таким скоплениям

П. Н. Холопов относит NGC 6231 и  $\eta$  и  $\zeta$  Персея, как раз те две О-ассоциации, на которые указывал В. А. Амбарцумян, вводя само понятие ассоциации.

Итак, некоторые О-ассоциации вполне могут быть корональными областями О-скоплений и содержать наряду с яркими звездами много слабых. Следовательно, эти ассоциации можно считать устойчивыми образованиями.

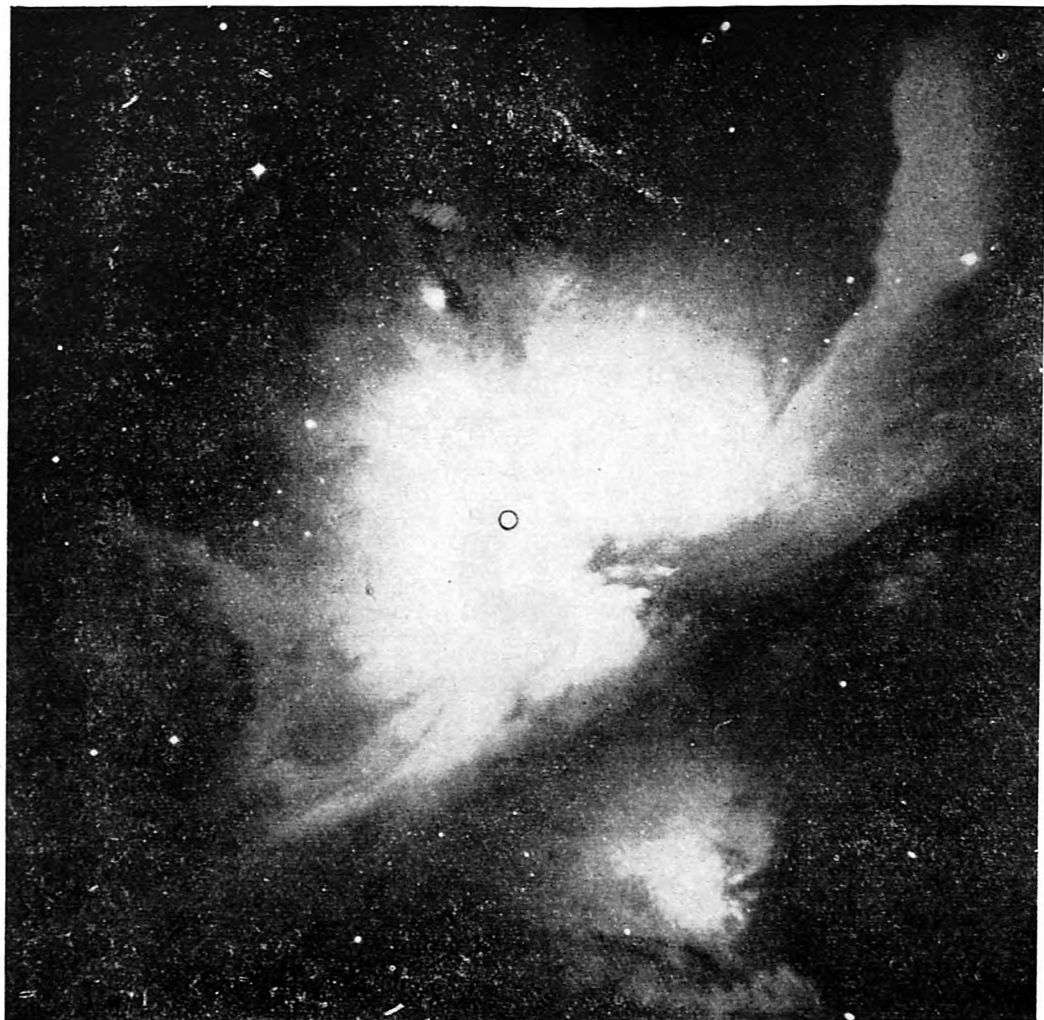
А как обстоит дело с остальными О-ассоциациями, у которых нет ядер? Шотландские астрономы В. Реддиш, Л. Лоуренс и Н. Пратт, исследовавшие ассоциацию Лебедь II, пришли к выводу, что отсутствие концентрации слабых звезд в областях О-ассоциаций может быть лишь кажущимся: слабые звезды ассоциации, разбросанные на большой площади, «тонут» среди многочисленных звезд фона. «Из трудности обнаружения,— заключают Реддиш и его соавторы,— не следует, что ассоциации не содержат большого числа слабых звезд\*». Шотландские астрономы считают ассоциацию Лебедь II очень богатым молодым скоплением, аналогом «голубых» шаровых скоплений Магеллановых Облаков\*\*.

\* В. А. Амбарцумян. Научные труды, т. 2, Ереван, 1960 г., стр. 77.

\*\* П. Н. Холопов. О единстве строения звездных скоплений. «Астрономический журнал», 45, 4, 1968 г., стр. 786.

\* «Edinburgh Observatory Publications», 5, 8, 1966 г.

\*\* Б. Е. Вестерlund. Магеллановы Облака. «Земля и Вселенная», № 6, 1970 г.



*Центр ассоциации Ориона — туманность Ориона. В этой области продолжается звездообразование. Светящийся горячий газ скрывает от нас Трещину Ориона. Ее положение в туманности отмечено кружком*

Но если в О-ассоциациях много слабых звезд и ассоциации не распадаются, то самые яркие их члены, эволюционируя, должны постепенно превращаться в поздние гиганты и сверхгиганты. Должны встречаться и

старые ассоциации, в которых уже нет О-звезд, а ярчайшими будут звезды спектральных классов В, А, F. Выделить такие ассоциации среди многочисленных звезд фона гораздо труднее, чем О-ассоциации. Однако швед-

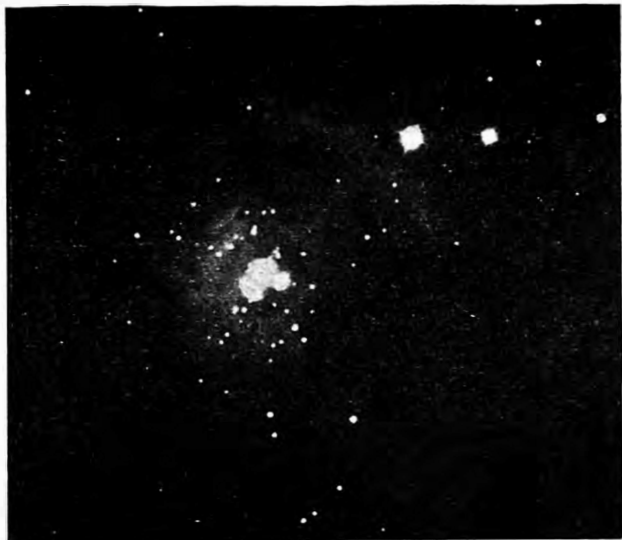
ский астроном Л. Лоден как будто бы уже обнаружил ряд ассоциаций F-звезд, а грузинский астроном Г. Т. Кеванишвили — сгущения А-звезд. Если существование А- и F-ассоциаций подтвердится, это будет означать, что звездные ассоциации могут жить, не распадаясь, не менее  $5 \cdot 10^8$  лет!

Но как быть с наблюдаемым расширением О-ассоциаций? Во многих случаях оно сомнительно, но ассоциа-

ция Персей II и две-три других, по-видимому, действительно расширяются. Установить, расширяется ли ассоциация, можно, исследуя собственные движения или лучевые скорости входящих в нее звезд. Однако мы пока не умеем определять без значительных систематических ошибок собственные движения звезд на больших площадях. А чтобы судить о расширении ассоциаций по лучевым скоростям звезд, нужно знать положение отдельных звезд в ассоциации. Точность определения расстояния до отдельных звезд очень низка, и ошибка вполне может равняться диаметру ассоциации. Астрометрия все еще нужна и астрофизикам!

Вероятно, некоторые ассоциации расширяются, но большинство — нет. По-видимому, это зависит от строения и эволюционной истории данной звездной группировки. Возраст  $3 \cdot 10^5$  лет, полученный для звезд Туманности Ориона на основании расширения ассоциации, можно интерпретировать, по мнению Дж. Хербига, «не как время, прошедшее с момента какого-то гигантского катаклизма, а как время, истекшее с тех пор, когда там появилась О-звезда, которая «выдула» (лучевым давлением и давлением горячего газа.— Ю. Е.) пыль и газ и позволила звездам скопления выйти из первоначально занимаемого ими объема вследствие модификации поля сил»\*. К такому же результату может привести взрыв в скоплении Сверхновой звезды. Итак, нет необходимости объяснять расширение ассоциаций происхождением звезд из распадающихся сверхплотных тел.

Ну а как же быть с неустойчивыми системами типа Трапеции Ориона? Ведь расстояние между ее компонентами действительно увеличивается. Но всегда ли так будет? Оказывается, нет. Трапеция Ориона — не изолированная система, она погружена в звездное скопление, видимое лишь в инфракрасных лучах. Согласно иссле-



*Трапеция Ориона (четыре звезды в центре снимков), окруженная звездами скопления. Верхняя фотография получена в желтых лучах. Туманность Ориона в этой области спектра светит слабо, и звезды Трапеции видны отчетливо. Нижний снимок сделан в инфракрасных лучах. Хотя туманность выглядит более яркой, чем в желтых лучах, межзвездное поглощение света в инфракрасных лучах мало и хорошо видны звезды скопления, окружающего Трапецию. Звезды Трапеции описывают вытянутые эллиптические орбиты, оставаясь в пределах скопления*

\* «Royal Observatory Bulletin», 82, 1964 г., стр. 64.

дованию, выполненному недавно А. И. Рыбаковым, Е. П. Калининой, П. Н. Холоповым и Г. Н. Дубошиным\*, гравитационное взаимодействие звезд Трапеции и скопления заставляет Трапецию пульсировать! Звезды Трапеции описывают вытянутые орбиты в пределах скопления, то сближаясь, то удаляясь друг от друга. Трапецию и туманность Ориона окружает облако нейтрального водорода с массой в 70 000 солнечных. Это также подтверждает устойчивость ассоциации Ориона в целом.

Таким образом, неустойчивость звездных ассоциаций все еще нуждается в доказательствах, но доказывать ее, ссылаясь на неустойчивость систем типа Трапеции Ориона, было бы, по крайней мере, неосторожно.

### МОЛОДЫЕ ЗВЕЗДЫ

Еще один аргумент сторонников гипотезы образования звезд из сверхплотного дозвездного вещества — характеристики вспыхивающих звезд. Это звезды-карлики спектральных классов К и М. Блеск их за несколько минут может возрасти в сотни раз и через 10—30 минут возвратиться к нормальному значению. Эти кратковременные мощные вспышки В. А. Амбарцумян связывает с выносом на поверхность звезды сохранившегося в ее недрах дозвездного вещества.

Однако многие ученые, в том числе Р. Е. Гершберг и П. Ф. Чугайнов, которые в Крымской обсерватории занимаются исследованием вспыхивающих звезд, думают по-другому. Изучив спектрограммы звезд, полученные на разных стадиях вспышки, эти астрономы считают, что вспышки связаны с конвективными движениями в оболочке звезды, не закончившей свое гравитационное сжатие.

Эту точку зрения подтверждают и другие наблюдательные данные. На-

пример, установлено, что чем больше возраст скопления, содержащего вспыхивающие звезды, тем более поздний спектральный класс имеют самые яркие из этих звезд. Звезды

поздних классов дольше обнаруживают признаки незакончившегося гравитационного сжатия — вспышки, так как массы этих звезд меньше и эволюционируют они медленнее.

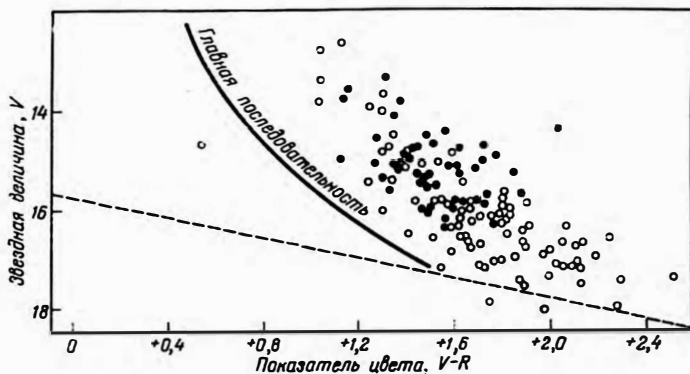
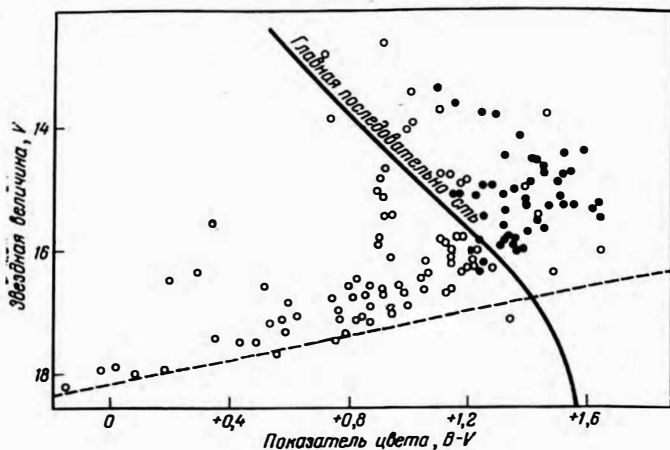
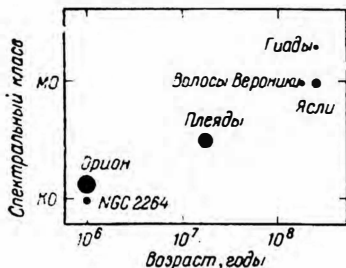


Диаграмма цвет — величина для вспыхивающих звезд в Мече Ориона (вокруг Туманности Ориона). Белые кружки соответствуют звездам, имеющим избыток излучения в синей и ультрафиолетовой областях спектра (в пределах пропускной способности светофильтра системы В). На верхней диаграмме такие звезды находятся в основном слева от главной последовательности. На нижней диаграмме все эти звезды лежат справа от главной последовательности, ибо в желтой и красной частях спектра вспыхивающих звезд нормальное распределение энергии. Пунктирной линией отмечена предельная величина звезд на пластинке при данном показателе цвета (по данным А. Андроса)

\* А. И. Рыбаков, Е. П. Калинина, П. Н. Холопов, Г. Н. Дубошин. О динамической эволюции Трапеции Ориона. Сообщения ГАИШ, 175, 1971 г.





Зависимость между спектральным классом самых ярких вспышавших звезд скопления и его возрастом. Чем позднее спектральный класс самой яркой вспышавшей звезды, тем больше возраст скопления (по данным Г. Аро и Э. Чавира)

Еще недавно считалось, что классическая концепция не в состоянии объяснить, почему на диаграмме цвет — светимость молодых скоплений звезды встречаются и слева от главной последовательности. Напомним, что, закончив гравитационное сжатие, звезды от нижней границы главной последовательности, где они находятся в момент начала горения водорода, начинают медленно продвигаться вправо вверх, и слева от главной последовательности звезды могут быть лишь в стадии белого карлика и на некоторых других заключительных этапах эволюции. Молодые звезды попадают в эту часть диаграммы цвет — светимость только потому, что они имеют избыток излучения в синей области спектра, и нельзя определять их температуру по синей области спектра. Действительно, если при построении диаграммы исключить это избыточное излучение, звезд слева от главной последовательности в молодых скоплениях уже не будет.

#### НЕСТАЦИОНАРНОСТЬ В МИРЕ ГАЛАКТИК

Образование звезд и галактик, согласно представлениям, развиваемым в Бюракане, поразительно схоже и различается только масштабом. Однако сам В. А. Амбарцумян неод-

нократно подчеркивал, что в мире галактик естественно столкнуться с новыми, неизвестными явлениями.

Одним из наиболее убедительных доказательств развития материи от сверхплотного ко все более разреженному состоянию считается предполагаемая нестабильность групп и скоплений галактик. В. А. Амбарцумян показал, что некоторые группы галактик по конфигурации похожи на системы типа Тrapeции Ориона, и потому должны быть неустойчивы. Вывод о нестабильности скоплений был сделан на основании различия скоростей входящих в них галактик. При разумных предположениях о массах галактик в скоплениях взаимное притяжение не может удержать их вместе.

Другое доказательство — выделение огромного количества энергии из ядер галактик. Еще в 40-х годах были получены указания на активность ядер галактик. Американский астроном К. Сейферт обнаружил в ядрах некоторых галактик газовые потоки, движущиеся со скоростью тысячи километров в секунду. Затем была открыта цепочка выбросов из ядра эллиптической галактики M 87 в созвездии Девы и стало известно, что peculiarные галактики — мощные источники радиоизлучения.

Все эти открытия возволили В. А. Амбарцумяну в 1958 г. предположить, что ядра галактик состоят не только из звезд: там есть и весьма массивные тела, обладающие громадным запасом энергии. В результате распада ядер заключенное в них дозвездное вещество выбрасывает газовые сгустки и нестабильные осколки, которые впоследствии рождают звездные скопления и новые галактики. Предполагается, что спиральные рукава также обязаны своим возникновением деятельности ядра.

Нестационарность скоплений галактик, однако, нельзя считать доказанной. Скопления могут содержать ненаблюдаемые темные звезды, галактики, газ, и тогда их масса будет достаточной для устойчивости. Это тем более вероятно, что оценки возраста скоплений по дисперсии скоростей

входящих в них галактик дают величину порядка  $10^2$ — $10^3$  лет, в то время как возраст галактик не менее  $10^{10}$  лет. Последняя величина получена на основании того, что во всех галактиках Местной группы есть много звезд II типа населения, возраст которых около  $10^{10}$  лет. Если Местная группа населена типичными галактиками (весь опыт астрономии показывает, что вряд ли стоит отводить человеку исключительное место во Вселенной), то по дисперсии скоростей нельзя оценивать возраст галактик в скоплениях.

В нескольких группах галактик одна галактика имеет скорость, существенно отличную от других. Галактика явно убегает из группы. Для многих астрономов это служит наиболее наглядным указанием на нестационарность в мире галактик. Вероятность случайного проецирования такой галактики на группу очень мала: для квинтета Стефана она составляет не более  $1/1500$ . И все-таки «убегающая» галактика квинтета Стефана не входит в эту группу\*.

Трудности с объяснением огромного энергетического потока из активных ядер галактик действительно велики. Но лишь очень немногие астрономы уже уверовали в безнадежность попыток черпать энергию излучения из запасов гравитационной и магнитной энергии.

#### «БРИТВА ОККАМА»

Концепция образования звезд из сверхплотных дозвездных тел, как указывали А. И. Лебединский, Л. Э. Гуревич, С. Б. Пикельнер и другие астрономы, не может объяснить многих наблюдаемых особенностей звезд и галактик, например их вращения, не входя в конфликт с законами физики. Закон сохранения момента требует, чтобы при расширении тела скорость вращения уменьшалась, и если он справедлив, про-

\* Б. В. Комберг. «Квинтет» Стефана оказался... «квartetом», «Земля и Вселенная», № 2, 1971 г.

то звездные и протогалактические тела должны были вращаться так быстро, что были бы разорваны центробежными силами.

Поразительно узкими должны быть пределы, в которых заключена энергия взрыва сверхплотного тела. Если бы она оказалась малой, не было бы расширения, если бы слишком большой, образовавшиеся звезды и галактики быстро рассеялись бы в пространстве. Мы, однако, наблюдаем многочисленные группы звезд и группы галактик, и причем далеко не одни лишь самые молодые.

Согласно концепции, разрабатываемой в Бюраканской обсерватории, молодые звезды ассоциируются с пылью и газом потому, что образуются одновременно с ними при взрыве сверхплотного тела. Однако можно объяснить, как газ, управляемый законами магнитогидродинамики, сконцентрировался в спиральных рукавах, но этого нельзя сделать для твердых тел, на которые законы магнитогидродинамики не распространяются. Почему же молодые звезды, пыль и газ концентрируются в спиральных рукавах?

Эта концепция не может объяснить и более высокое содержание тяжелых элементов в молодых звездах по сравнению со старыми, естественное с точки зрения классических представлений. Как известно, межзвездная среда постепенно обогащается тяжелыми элементами. Они образуются в недрах звезд и в межзвездную среду попадают при взрывах Сверхновых. Поэтому старые звезды, сформировавшиеся в сферической протогалактике, бедны металлами, а молодые звезды галактического диска — богаты.

Сторонники бюраканского направления признают, конечно, что их концепция требует изменения и обобщения фундаментальных законов физики, таких как законы сохранения энергии, момента количества движения (вращательного момента) и сохранения числа тяжелых частиц — барионов. Среди астрономов нет, или почти нет, оптимистов (или пессимистов?), полагающих, подобно известному физическому Р. Фейнману, что «ско-

ро настанет время, когда все станет известным, или дальнейший поиск окажется очень нудным». Неисчерпаемо познание, неисчерпаемы поиски все более общих физических принципов, объясняющих существование самих законов физики. Однако совершенно естественно стремление ученых объяснить наблюдаемые явления при возможно меньшем числе новых допущений.

А. Эйнштейн рассматривал критерий внутреннего совершенства теории как наиболее важный после критерия опыта, практики. Сформулированный в XIV в. В. Оккамом «принцип простоты» сознательно использовался Н. Коперником, И. Ньютоном, П. Лапласом, В. Гершелем, А. Пуанкаре. «Природа проста и не роскошествует различными причинами вещей», — говорил Ньютон. Конечно, простота не тождественна с легкостью понимания данной теории. Критерий простоты, по определению Эйнштейна, — это «стремление свести все понятия и соотношения к возможно меньшему числу логически независимых друг от друга основных аксиом и понятий». Так, Ньютон предположил, что яблоко и Луна притягиваются к Земле, подчиняясь единому закону, а Эйнштейн нашел формулировку закона физики, не изменяющуюся при любом движении системы координат.

Большинство ученых стремится до конца использовать уже известные предпосылки, познанные законы для объяснения новых фактов. «Можно, конечно», — говорит академик Я. Б. Зельдович, — на каждое новое явление придумывать новый закон природы... но такое открытие приобретает право на существование только тогда, когда существуют другие возможности объяснения явлений»<sup>\*</sup>.

Расширение ассоциаций, как мы видели, было предсказано на основании соображений, которые и по сей день нуждаются в доказательстве. Конечно, это само по себе не мешает гипотезе о расширении ассоциаций

быть верной или неверной, но далеко идущая цепочка следствий из нее еще лишена фундамента. Помимо необоснованности гипотезы о происхождении звезд из сверхплотного вещества, в ней нет необходимости, и поэтому ее отсекает «бритва Оккама».

## О ЧЕМ МЫ СПОРИМ

В проблеме, которую мы здесь рассматриваем, спор, на наш взгляд, идет не между теми, кто опирается на наблюдения и кто строит теоретические модели. Методы исследования, в конце концов, одинаковы у всех. Наблюдения дают материал для гипотезы, она подсказывает новые наблюдения, либо позволяющие ее уточнить, либо говорящие о ее несостоятельности. Если дело идет хорошо, появляется детально разработанная теория — модели явления. К этому стремятся и в Бюракане, и в Москве, и в Пасадене. Сторонники классического направления отнюдь не навязывают природе модели, они возникают как объяснения наблюдаемых фактов.

Спор идет о том, где проходит граница, отделяющая познанное от непознанного. Все согласны, что мы знаем, например, химический состав атмосферы Солнца и не знаем физических законов, управляющих Вселенной в момент времени  $t = 0$ , равно как и не знаем, был ли такой момент. Но если сторонники классического направления считают, что можно уже сейчас дать эволюционную интерпретацию совокупности данных о мире звезд, что мы уже сейчас можем объяснить их происхождение известными механизмами из известных форм материи, то в Бюракане придерживаются более пессимистического взгляда и считают, что граница познанного проходит ближе к нам.

Гипотеза происхождения звезд из газо-пылевой среды и теория звездной эволюции, определяемой смесью источников термоядерной энергии, объясняют сейчас почти всю совокупность наблюдательных данных о звездах. «Почти» потому, что теория

<sup>\*</sup> Я. Б. Зельдович. «Рождение и эволюция звезд». Сборник статей. М., 1964 г., стр. 17.



*Галактика NGC 628 с длинными и хорошо выраженными спиральными рукавами*

молода (ей нет и тридцати лет), и только сейчас она начинает учитывать такие наблюдаемые особенности звезд, как вращение, магнитное поле, потерю массы, взаимное влияние звезд в тесных парах. Загадочные раньше факты, например наличие голубых звезд в старых скоплениях, удачно объясняются этими особенностями. Многие мы еще не знаем, но можно с уверенностью сказать, что в ближайшие несколько лет мы получим (или уже получили) успешную теорию звезд горизонтальной ветви шаровых скоплений, в ближайшие десять — пятнадцать лет поймем, как именно совершается переход от белым карликам и как образуются звезды в скрытых от нас недрах темных туманностей...\*

Открытие пульсаров стало подлинным триумфом классической концепции. Теоретики более тридцати лет назад предсказали, что Сверхновые звезды после вспышки превращаются в очень плотные небольшие тела. Сверхплотные тела — пульсары найдены, и они — конец эволюции звезды, а не ее начало! Открытие инфракрасных звезд и источников излучения гидроксила, обладающих свойствами, промежуточными между свойствами звезд и газовых туманностей, снимает старое возражение против классической концепции — отсутствие переходных форм между звездами и диффузным веществом. Впрочем, разбор классической концепции не входит в задачу этой статьи.

## КОСМОЛОГИЯ И КОСМОГОНИЯ

У нас, однако, нет пока уверенности в том, что мы полностью понимаем происхождение галактик и квазаров. Это понимание придет, наверное, лишь вместе с решением космологической проблемы — разгадкой ранних стадий эволюции Вселенной. Может быть, в квазарах и ядрах сей-

фертовских галактик мы наблюдаем явления, которые происходили во всех галактиках в эпоху их молодости. Недаром, все квазары удалены от нас на миллиарды световых лет, они дальше обычных галактик, и мы видим их более молодыми. Очень красива идея, высказанная в 1964 г. И. Д. Новиковым: в квазарах мы наблюдаем осколки первичной сверхплотной Вселенной, отставшие в своем развитии. Бурно расширяясь сейчас и выделяя огромную энергию, эти осколки дают квазары, сейфертовские галактики, ядра галактик. Нетрудно усмотреть в гипотезе И. Д. Новикова конкретизацию представлений В. А. Амбарцумяна об источниках энергии ядер галактик.

Не менее красива и еще дальше от обычных представлений гипотеза английского астронома Ф. Хойла, исходящего из «совершенного космологического принципа» Бонди и Голда. Согласно этому принципу, Вселенная в больших масштабах одинакова не только везде, но и всегда, постоянна и ее плотность. Это означает, что в расширяющейся Вселенной, бесконечной во времени и пространстве, непрерывно происходит образование вещества — не из ничего, конечно, а из вводимого этими астрономами нового физического поля. Разумеется, при этом нарушается закон сохранения барионов. Ф. Хойл предполагает, что новое вещество образуется именно в ядрах галактик\*. Однако против теории стационарной Вселенной Хойла — Бонди имеются веские наблюдательные возражения, которые мы не будем здесь обсуждать.

Логическое развитие взглядов В. А. Амбарцумяна приводит к выводам, напоминающим выводы Ф. Хойла. Один из главных аргументов В. А. Амбарцумяна — неустойчивость скопления галактик — означает, что в скоплениях должны непрерывно возникать новые галактики\*\*. Иначе

скопления давно рассеялись бы в пространстве. Но если новые галактики образуются из невидимого вещества, уже имеющегося в скоплении, масса скопления должна быть достаточно большой для его устойчивости\*. Приходится признать, что если скопления галактик неустойчивы, то в них должно рождаться новое вещество.

Таким образом, два выдающихся астрофизика современности В. А. Амбарцумян и Ф. Хойл занимают близкие позиции, радикально расходящиеся с мнением большинства. Однако все понимают, что звездная плотность в ядрах галактик столь высока, столь малы расстояния между звездами, что, без сомнения, в центрах галактик должно происходить что-то необыкновенное. Фотографии галактик, на которых тугие завитки спиралей выносятся из ядер, укрепляют в этой мысли, равно как и свидетельства мощных взрывов в ядрах. Вопрос лишь в том, достаточно или нет современной физики для описания этих явлений. Уместно привести здесь слова Аллана Сендиджа, сказанные им на XIV съезде Международного астрономического союза: «Никто из астрономов не стал бы сегодня отрицать, что тайна и в самом деле окружает ядра галактик, и первым, кто осознал, какая богатая награда содержится в этой сокровищнице, был Виктор Амбарцумян». Напомним также, что Дж. Джинс еще в 1928 г. писал, что спиральные туманности (галактики) могут быть полем действия совершенно неизвестных нам сил, выражающих, может быть, «новые, неподозреваемые нами метрические свойства пространства. Центры туманностей могут быть «точками сингулярности», в которых вещество вливается в нашу Вселенную из каких-то других, совершенно неизвестных пространственных измерений, проявляющих себя в нашей Вселенной как точки, в которых непрерывно образуется вещество»\*\*.

\* Ф. Хойл. Сверхплотные объекты. «Астрономический календарь на 1971 год». «Наука», М., 1970 г.

\*\* И. Д. Караченцев, В. Ф. Терещенко. «Сообщения Бюроканской обсерватории», 16, 1970 г.

\* А. В. Засов. «Астрономический циркуляр», 520, 1969 г.

\*\* «Astrophysics and Cosmology», Cambridge, 1928 г.

\* С. Б. Пикельнер. Рождение звезд. «Природа», № 11, 1970 г., стр. 42.

Не исключено, что объяснение происхождения галактик потребует обобщения и уточнения области применимости некоторых законов физики. В гипотезе Ф. Хойла как будто уже нащупана конкретная связь между космологией и космогонией галактик, с одной стороны, и физикой микромира, — с другой. Но эти новые воз-

ражения природы станут общепринятыми, только если следствия из них будут проверены наблюдениями и не останется места для объяснения явлений известными физическими принципами. Крупнейшие физики уже понимают, что для прогресса их науки новый большой телескоп нужен не меньше, чем новый синхрофазотрон.

«В конце концов ответы на эти вопросы станут ясными, но пока они влекут теоретиков к размышлениям, а наблюдателей — к темноте и спокойствию их телескопов...» — говорит Аллан Сендидаж.

**Ю. Н. ЕФРЕМОВ**  
кандидат физико-математических наук



## МЕТЕОРНЫЕ СЛЕДЫ — ИНДИКАТОРЫ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРХНИХ СЛОЕВ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Нередко яркие и быстрые метеорные тела оставляют на ночном небе белесоватые полосы — метеорные следы, которые видны невооруженным глазом несколько десятков секунд, а иногда и минуты.

Что представляет собой метеорный след? Пролетая с большой скоростью в атмосфере, метеорное тело понижает на своем пути атомы газов. Так возникает ионный след, имеющий форму трубки. Постепенно, деформируясь и смещаясь под действием воздушных течений, след разрушается.

Метеорные следы свойственны только тем метеорам, теплоцентрические скорости которых составляют не менее 43 км/сек. К ним относятся потоки майских Акварид, августовских Персеид, октябрьских Орионид и ноябрьских Леонид. Стойкие ионизационные следы иногда наблюдаются и у спорадических метеоров.

Область атмосферы, где разыгрываются метеорные явления и образуются метеорные следы, названа метеорной зоной (М-зоной). Она охватывает диапазон высот 110—80 км над поверхностью Земли.

Долгие годы метеоры наблюдались только визуально в светосильные зрительные трубы — кометоскопеллы — или бинокли. С их помощью можно было проследить метеорные следы более продолжительное время, чем невооруженным глазом. В 1934 г. по инициативе В. П. Цесевича на Таджикской астрономической обсерватории — ныне Ордена Трудового Красного Знамени Институт астрофизики Академии наук Таджикской ССР — были организованы визуальные телескопические наблюдения



*Метеорный след в виде облачка. Снимок сделан с помощью электронно-оптического преобразователя 11 августа 1969 г. У. Шодиевич*

дрейфа метеорных следов. С тех пор они проводятся в институте систематически. Сейчас визуальные методы заменены фотографическими и электронно-оптическими.

Как визуальные, так и фотографические наблюдения метеорных следов позволяют весьма эффективно исследовать некоторые физические

параметры М-зоны. По фотографическим следам удается выяснить распределение скорости и направления ветров на различных высотах, построить профиль изменения скорости ветра по высоте. Определяя положение наиболее характерных образований в метеорных следах (сгустки, мысы, утолщения и т. д.) на последовательных снимках, можно определить характер турбулентности и ее масштабы на различных высотах в М-зоне, косвенным методом можно получить и температуру.

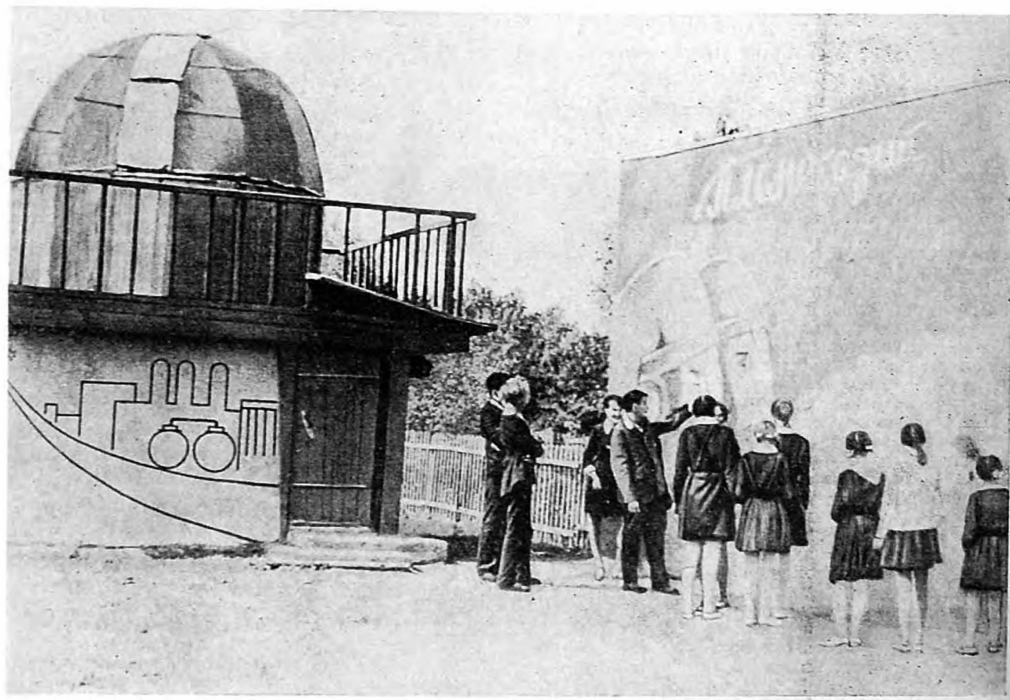
Как показали исследования, на высотах М-зоны существуют такие же, как и в приземных слоях, барические системы, подобные циклонам и антициклонам. Правда, на больших высотах они выражены значительно слабее, чем у поверхности Земли. Естественно, «высотная» синоптическая метеорология в большей степени проявляется в поле ветров, чем в поле давлений, поскольку последние там ничтожны. Именно на основе исследований дрейфа метеорных следов и были сделаны выводы относительно преобладающих направлений ветров на больших высотах в различные времена года. Теперь эти выводы уточняются и детализируются массовыми наблюдениями повышенных метеорных следов радиолокационным методом.

Особенность метеорных следов пока разработана недостаточно. Это объясняется главным образом отсутствием до последнего времени спектров этих интересных астрономических объектов. Лишь в 1965 г. Г. А. Насыров и Л. И. Насырова в Ашхабаде получили впервые восемь спектров Леонид с малой дисперсией. В них обнаружили признаки линий атмосферных газов — азота и кислорода, а также «метеорного газа» — магния. Еще трудно судить о физических процессах, происходящих в этих объектах. Исследования метеорных следов продолжаются.

**А. М. БАХАРЕВ**



## Школьный астрономический комплекс



Астрономия — одна из самых интересных, воспитывающих и развивающих дисциплин, но в школьной программе ей отводится всего 35 часов в 10 классе. Поэтому нам хотелось что-то сделать, чтобы этот предмет занял подобающее ему место. Постепенно возник, развился и воплотился в жизнь план технического оснащения школьной астрономии.

При Средней школе села Токуши был построен планетарий, обсерватория, самодельный телескоп-рефлектор, маятник Фуко. Оборудуются астрономическая и геофизическая площадки, астрономический кабинет, пополняется экспонатами астрономического отдела в школьном музее.

Работа, за которую мы взялись добровольно, была вполне посиль-

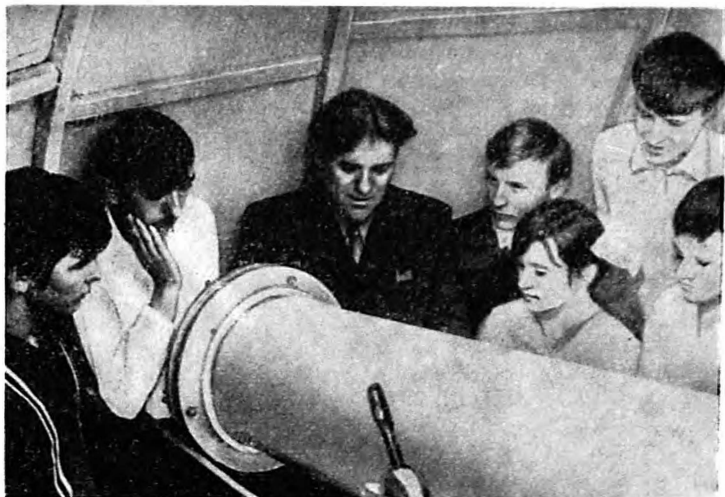
ной, но сопровождалась она невероятными трудностями, порой казалось, совершенно непреодолимыми. Приводило в уныние равнодушие, а иногда и недоброжелательность людей, от которых зависело разрешение многих практических вопросов.

Публикация в журнале «Земля и Вселенная» материалов о школьных

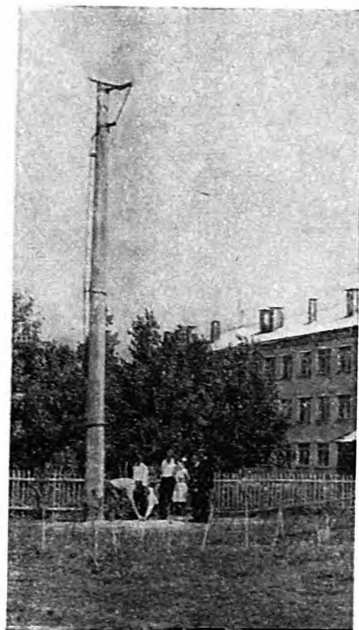


обсерваториях очень нам помогла. Мы поверили, что занимаемся нужным и полезным делом. Приятно сознавать, что мы не одиноки, что все наши дела кого-то интересуют... И нам захотелось поделиться своим опытом.

Школьный планетарий можно считать центром нашего астрономического комплекса. Мы построили его своими силами почти без денежных затрат. Для тех, кто захочет использовать наш опыт, мы сообщаем некоторые подробности его конструкции. Павильон планетария квадратный —  $7 \times 7$  м, высота до верхней точки крыши 5 м. В павильоне установлен цилиндр из прессованного картона диаметром 6 м и высотой 120 см. Над цилиндром натянут матерчатый купол — полушарие радиусом 3 м. Свет от ламп проникает внутрь через зазор между куполом и стенкой. По кругу смонтированы сиденья, места оператора и асси-



*Ученики Токушинской средней школы и учитель Т. Т. Гаврилюк возле самодельного телескопа*



*Маятник Фуко, построенный школьниками*

стента — около пульта. Пол забетонирован. Большое внимание было уделено свето- и теплонепроницаемости помещения.

Внутренний вид нашего планетария вполне соответствует его назначению, хотя и здесь еще не все закончено. Мы собираемся сделать круговую панораму с видами нашей местности по линии горизонта.

В планетарии уже ведется работа по географии и астрономии, читаются лекции: «Небосвод и небесная сфера», «Звездное небо», «Движение небесной сферы», «Основные линии, точки и плоскости небесной сферы», «Созвездия», «Ориентирование по звездам», «Планеты», «Звезды — чужие солнца», «Вид звездного неба в разных частях земного шара», «Вид звездного неба в разные времена года», «Причины полярной ночи и дня». В будущем мы, не ограничиваясь учебной работой, надеемся проводить лекции и для населения.

В планетарии можно демонстрировать восход и закат солнца. Пока нам не удается показывать посети-

телям облака и полярные сияния. К сожалению, Московский планетарий, куда мы обращались, не помог нам в этом деле.

Аппарат «Планетарий» нам подарили старый, уже списанный и разкомплектованный. У него не было ни сферы, ни трансформаторов, но сохранилась в целости вся механическая основа, и мы его постепенно восстановили. В этом очень большую помощь оказал нам Кемеровский областной планетарий и лично его директор Е. М. Долгих — многолетний друг и шеф нашей школы. По вопросам создания школьного планетария нас консультировал московский педагог Н. К. Семакин. Принял участие в нашей работе и любитель телескопостроения из Златоуста Н. К. Андрианов. Маятник Фуко строился под руководством доцента В. Д. Кузьминых. Нам помогли словом и делом многие другие товарищи, среди которых казанский инженер Г. А. Гор, директор Института Арктики и Антарктики АН СССР Герой Социалистического Труда А. Ф. Трешников, доктор геолого-минера-

логических наук Е. Л. Кринов и космонавты В. Быковский и В. Шаталов. Таким образом, начав сложное и полезное дело, мы не остались одиночками.

Астрономическая обсерватория нашей школы имеет купол диаметром 3 м, покоящийся на цилиндрическом «барабане» высотой 1,5 м. Башня окружена небольшой смотровой площадкой 5 × 5 м с перилами. Высота нижнего этажа 2 м, площадь — около 16 м<sup>2</sup>. Фундамент телескопа бетонный 90 × 75 × 300 см.

Самодельный рефлектор (диаметр зеркала 217 мм и фокусное рас-

стояние 167 см) имеет горизонтальную установку.

Обсерватория используется пока только в учебных целях. Однако в апреле 1970 г. учитель В. И. Джерелий получил снимок кометы Беннета с помощью фотоаппарата «ФЭД».

Трудно найти в нашей школе хотя бы одного ученика, который так или иначе не участвовал бы в строительстве астрокомплекса, но были и особо преданные любители астрономии: Валерий Мельников, Валерий Пешков, Владимир Литвиненко, Владимир Кривцов, Владимир Фомин.

Многие учителя нашей школы отнеслись к созданию школьного астрономического комплекса, как и своему кровному делу. Среди них — Г. К. Кобылина, Л. М. Полякова, Г. И. Гончаренко, Т. С. Новоселова, В. Г. Восипенко, П. В. Девальд, заведующие школьными мастерскими В. И. Колесниченко и С. Н. Новоселов.

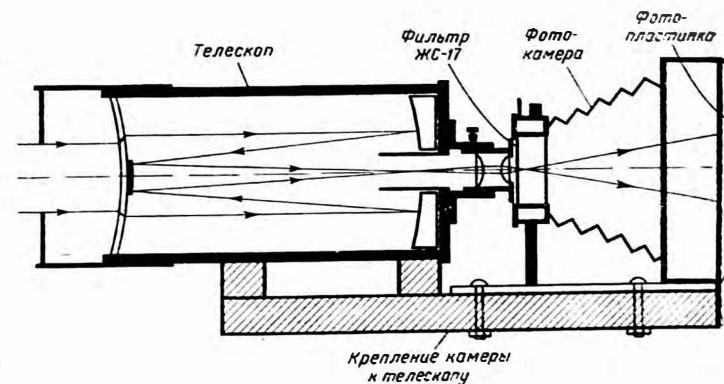
**Т. Т. ГАВРИЛЮК**  
учитель Средней школы села Токуши  
Северо-Казахстанской области

## Самодельный фотогелиограф

Многие любители астрономии мечтают фотографировать Солнце, солнечные пятна, факелы, грануляцию. Собрать прибор для фотографирования Солнца — фотогелиограф нетрудно, если есть школьный телескоп системы Максута (диаметр 70 мм, увеличение 75<sup>х</sup>) и пластиночная фотокамера. Такой прибор сделали члены астрономического кружка Средней школы № 5 города Углича.

Фотогелиограф очень компактен, имеет азимутальную монтировку. Рядом с окуляром телескопа, на доске, прочно прикрепленной к тубусу, установлена камера. Это может быть «Фотокор» или любая другая пластиночная камера. Ее объектив вывернут и вместо него вставлен желтый светофильтр ЖС-17.

Изображение Солнца, создаваемое окуляром телескопа, проецируется на фотопластинку. Для уменьшения яркости солнечного изображения на трубу телескопа надевают диафрагму. В зависимости от высоты Солнца над горизонтом ее размеры мо-

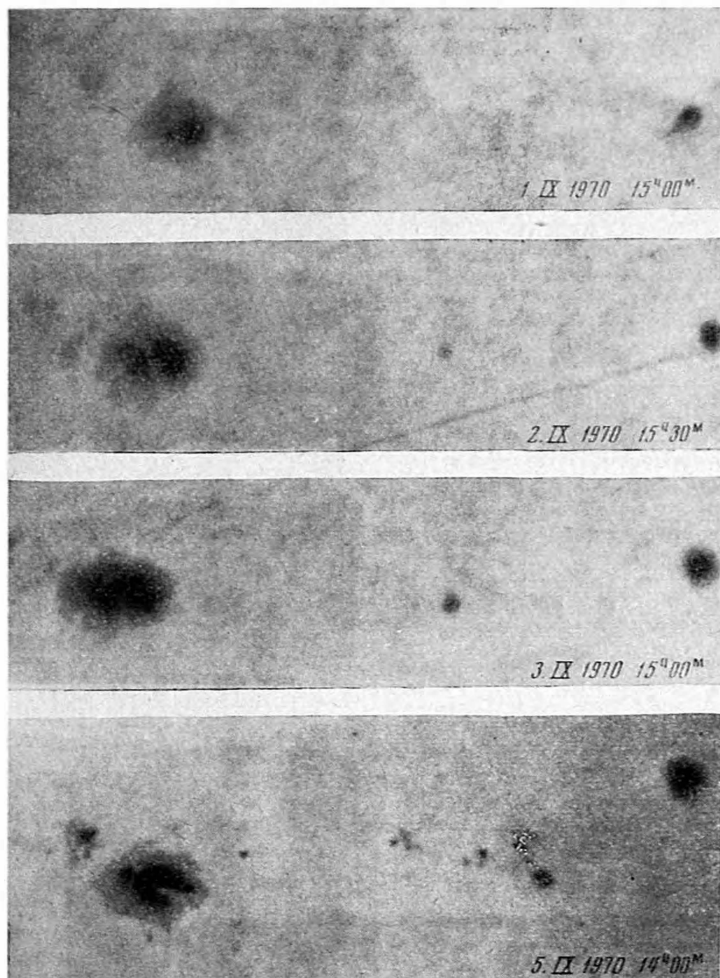


Устройство самодельного фотогелиографа

гут изменяться от 26 до 40 мм. В отверстие диафрагмы следует вставить прозрачный желтый светофильтр.

Проверить, попадает ли изображе-

ние Солнца на середину фотопластинки, помогает зрительная труба с 10-кратным увеличением и небольшой экран. Труба крепится к тубусу



*Солнечные пятна. Снимки сделаны на самодельном фотогелиографе учеником 8 класса Александром Дугановым*

телескопа, а экран — за фотокамерой. Если изображение Солнца, построенное зрительной трубой, находится точно в центре экрана, то оно будет и на середине фотопластинки.

Прежде чем начинать фотографирование Солнца, прибор надо сфокусировать. Это лучше всего делать по Луне. Ее изображение проецируется на матовое стекло. Поворачивая окуляр, нужно добиться, чтобы стали хорошо видны мелкие кратеры. Это положение окуляра фиксируется стопорным винтом. Теперь прибор готов к работе.

Наиболее пригодны для фотографирования Солнца диапозитивные фотопластинки чувствительностью 1—2 ед. ГОСТ. Длительность экспозиции должна быть не больше 1/100 секунды. Пластинки достаточно контрастны и хорошо передают тонкие детали пятен и факелов. Проявлять их можно в любом стандартном проявителе, слегка разбавленном водой.

Чтобы обработать снимки, нужно знать направление суточного движения Солнца по небесной сфере. Для этого на пластинке трижды фотографируется Солнце. Интервал между экспозициями 30 или 40 секунд. Сделав увеличенный (до 10 см в диаметре) отпечаток Солнца, следует провести прямую через центры изображений одного и того же пятна.

Члены астрономического кружка регулярно фотографируют Солнце на самодельном фотогелиографе. Полученный наблюдательный материал обрабатывается.

**Ю. А. ГРИШИН**  
руководитель астрономического  
кружка  
Угличской средней школы № 5

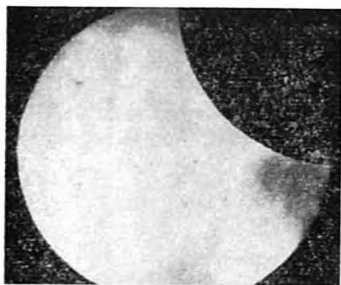


Фото Н. Тихомирова, М. Фалиной, Е. Ганшиной

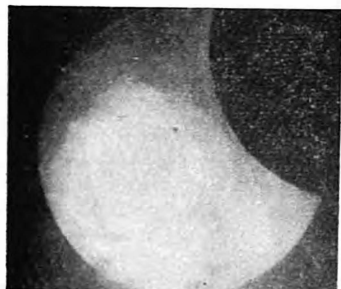


Фото В. Соловьева и В. Акуратнова



Фото С. Лихоманова

**СОЛНЕЧНОЕ  
ЗАТМЕНИЕ  
25 ФЕВРАЛЯ  
1971 ГОДА**

Ни само частное затмение с его небольшой фазой, ни погода в день затмения не баловали наблюдателей. И все же многие любители астрономии получили снимки затмения. Они сделаны в разных городах и с разными приборами: от телескопа АВР-3 и школьных рефракторов до зрительной трубы ЗРТ-457 и фотоаппарата с комбинированным объективом.

В Москве затмение фотографировали члены астрономического кружка Дворца пионеров и школьников Н. Тихомиров, М. Фалина и Е. Ганшина, ученик 10 класса В. Соловьев и фрезеровщик завода «Знамя труда» В. Акуратнов, ученик 10 класса С. Лихоманов; в Горьком — член Всесоюзного астрономо-геодезического общества Е. Г. Демидович и Н. П. Хрисанов; в Саратове — ученик 8 класса С. Черчипцев; в Виннице — члены Общества юных любителей астрономии; в Крыму фотографии разных фаз затмения сделал В. Сивун.

Редакция благодарит всех любителей астрономии, приславших фотографии затмения.

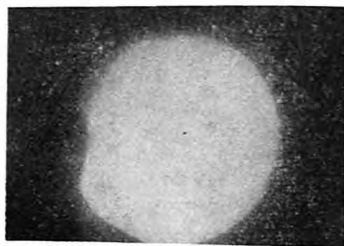


Фото Е. Г. Демидовича и Н. П. Хрисанова

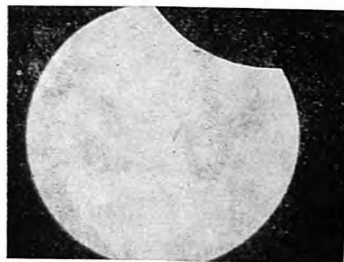


Фото С. Черчипцева

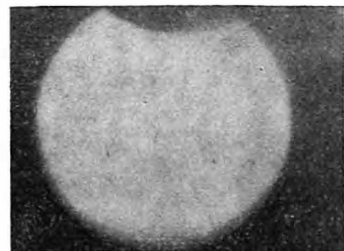


Фото членов Винницкого общества юных любителей астрономии

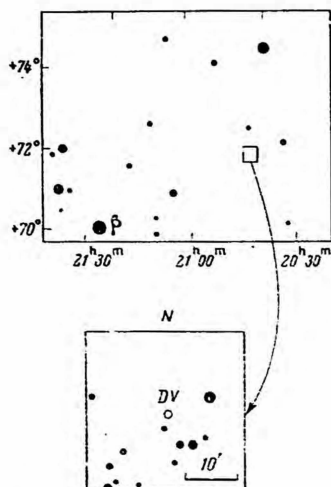


Фото В. Сивуна

# Страничка наблюдателя переменных звезд

В сентябре — октябре в небольшой телескоп можно наблюдать несколько интересных переменных звезд.

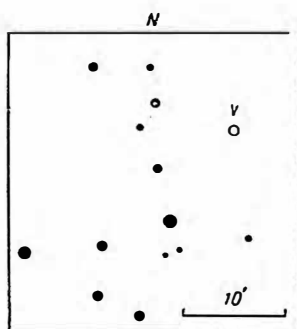
## DV Цефея



Координаты звезды:  $\alpha = 20^{\text{h}}43^{\text{m}}23^{\text{s}}$ ;  $\delta = +72^{\circ}11',6$  (эпоха 1950.0). В 1955 г. В. Штрмейер (ГДР) обнаружил у этой звезды колебания блеска от  $11^{\text{m}},4$  до  $12^{\text{m}},2$ . Звезда принадлежит к затменным переменным, но ее период изменений блеска пока не установлен. Продолжительные наблюдения звезды позволят построить график изменения блеска и определить период. Звезды сравнения наблюдатель должен выбрать среди окрестных звезд, а обработку полученного материала проводить в степенной шкале.

## V 379 Кассиопей

Координаты звезды:  $\alpha = 00^{\text{h}}23^{\text{m}}49^{\text{s}}$ ;  $\delta = +60^{\circ}31',3$  (эпоха 1950.0). Переменность блеска звезды в пределах  $9^{\text{m}},3$ — $10^{\text{m}},3$  открыл В. Штрмейер. Вероятно, звезда относится к затменным переменным, но период ее не-

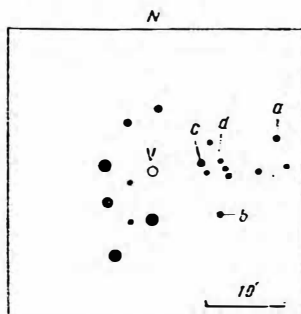


известен. Выбор звезд сравнения предоставляется наблюдателю.

## V 445 КАССИОПЕИ И V 361 ПЕРСЕЯ — ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИЕ ЦЕФЕИДЫ

Долгопериодические цефеиды — пульсирующие переменные звезды с периодами от 1 до 50—70 дней и амплитудами изменения блеска от  $0^{\text{m}},1$  до  $2^{\text{m}}$ .

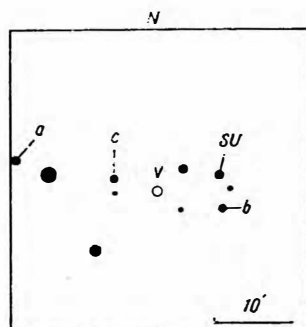
## V 445 Кассиопей



$a = 10^{\text{m}},7$   
 $b = 11,0$   
 $c = 11,2$   
 $d = 11,6$

Координаты звезды:  $\alpha = 00^{\text{h}}28^{\text{m}}50^{\text{s}}$ ;  $\delta = +52^{\circ}57'$  (эпоха 1950.0). Переменность блеска была открыта в 1967 г. Р. Вебером (Франция). Он считает звезду переменной типа цефеид, блеск которой колеблется между  $10^{\text{m}},7$  и  $11^{\text{m}},4$ . Интересно было бы получить графики изменения блеска и определить период.

## V 361 Персея



$a = 9^{\text{m}},7$   
 $b = 10,2$   
 $c = 10,4$

Координаты звезды:  $\alpha = 02^{\text{h}}20^{\text{m}}03^{\text{s}}$ ;  $\delta = +56^{\circ}21',1$  (эпоха 1950.0). Колебания блеска звезды впервые зарегистрировал Р. Вебер. Его наблюдения дают пределы изменения блеска  $9^{\text{m}},8$ — $10^{\text{m}},4$ . Вебер отнес звезду к переменным типа цефеид, хотя скорее всего она неправильная переменная. Необходимо уточнить, к какому типу переменных принадлежит звезда и получить графики кривых блеска. Звезда находится в области двойного скопления  $\lambda$  и  $\chi$  Персея.

На карте окрестностей V 361 Персея отмечена полуправильная переменная  $\Sigma$  Персея. Амплитуда изменения блеска этой звезды  $9^{\text{m}},3$ — $10^{\text{m}},5$ .

Н. Б. ПЕРОВА



### Звездное небо на марках

Сейчас трудно назвать какую-либо страну, которая не изобразила на своих почтовых марках звезды или созвездия.

А первой была Бразилия. На стандартной бразильской марке 1884 г. изображено созвездие Южного Креста.



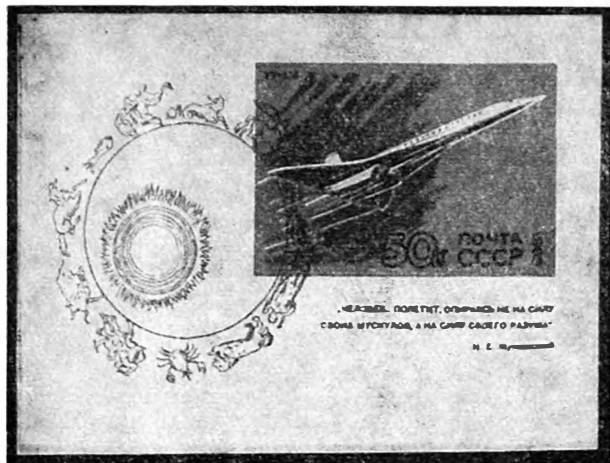
Теперь это созвездие можно часто видеть и на марках Чили, Аргентины, Австралии.

Созвездие Большой Медведицы и Полярная звезда встречаются на марках Болгарии (1963 г.), Китайской Народной Республики (1958 г.), США (1959 г.), Канады (1954 г.), Японии (1953 г.), Турции (1961 г.), Гренландии (1963 г.).

Венгерская Народная Республика на одной из марок серии «Международный год спокойного Солнца» (1964 г.) представила созвездия северного полушария. Болгарские художники на марках, выпущенных в 1963 и 1964 гг. в память о полете советских космонавтов В. Быковского и В. Терешковой, поместили рисунок созвездия Ориона с одной из самых ярких звезд Бетельгейзе.

На швейцарской марке 1968 г. нарисовано созвездие Пегаса и нанесены контуры мифического коня. Созвездие Кассиопеи можно увидеть на почтовых миниатюрах Швеции (1930 г.), Японии (1953 г.) и Франции (1956 г.). В 1967 г. в молодой африканской республике Габон поступила в обращение марка оригинального содержания: половина живописного поля светлая, другая половина темная (это символ дня и ночи). На светлой изображено Солнце, на темной — созвездие Малой Медведицы и Полярная звезда. Посредине марки — циферблат часов и схема, показывающая, как по Солнцу и Полярной звезде можно определить направление север — юг. В 1969 г. княжество Лихтенштейн выпустило марку с оригинальным сим-





волицеским рисунком звездного неба.

На многих марках, изданных в разное время в СССР и Чехословакии, Колумбии и Испании, США и Франции, Румынии и Польше, на Кубе и в Болгарии, в ГДР и Гвинее, в Аргентине и Португалии и во многих других странах мы видели звездное небо и отдельные звезды.

В нашей стране в декабре 1969 г. выпущена серия из восьми марок и одного блока, повествующая о развитии отечественного самолетостроения. Все марки содержат мифологические символы планет и созвездий Центавра, Пегаса, Льва, Стрельца. А на блоке даны все 12 фигур соответствующих зодиакальных созвездий. Те же фигуры знаков Зодиака показаны на 12 испанских марках (1968 г.), марках Сан-Марино (1970 г.), аргентинской (1946 г.) и португальской (1945 г.) марках. На четырех марках, изданных в Швейцарии в 1952 г., показано звездное скопление Плеяды.

В поле зрения филателистов попали и внегалактические объекты. Так, в 1942 г. коллекционеры увидели интересную серию, состоящую из шести бразильских марок. На них воспроизведены фотографии наиболее интересных галактик и туманностей (спиральные галактики NGC 4594 и NGC 5194, пылевая туманность Конская голова в созвездии Ориона, планетарная туманность в созвездии Лиры, диаграмма Герцшпрунга — Рессела).

Сюжетом одной из французских марок (1963 г.) послужила галактика NGC 1300 с ее характерными рукавами и ярким ядром. Художники ГДР в 1967 г. создали марку, украшенную рисунком знаменитой галактики M 31 (в созвездии Андромеды) со спутниками — галактиками NGC 205 и NGC 221. На чехословацкой марке, выпущенной в честь открытия обсерватории в Онджейове в 1967 г., показана типичная спиральная галактика M 51.

Символические изображения галактик встречаются на марках различных стран. Даже почтовое ведомство ООН в 1963 г. выпустило в обращение марку, на которой запечатлены звезды и галактики. Не свидетельствует ли это, что человечество пристально следит за достижениями астрономии, за процессом познания Вселенной?

В. В. ПОЛОНСКИЙ



## МАЛЕНЬКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ «КОСМОНАВТИКА»

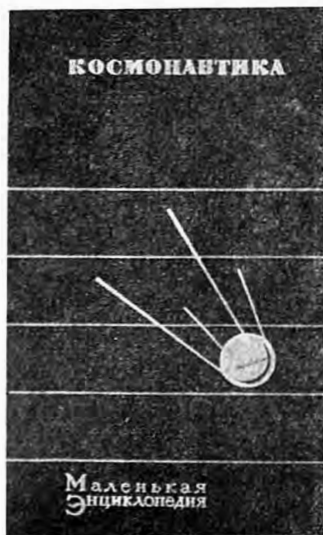
Издательство «Советская энциклопедия» сделало хороший подарок многим читателям, интересующимся астрономией и космонавтикой, выпустив в 1970 г. второе издание энциклопедии «Космонавтика». Хотя эта книга вышла в серии «Маленькие энциклопедии», она все же достаточно велика по объему и практически освещает все аспекты космонавтики, а также относящуюся к ней проблематику смежных областей знания — астрономии, физики, техники, биологии, медицины и других наук.

Перелистывая энциклопедию «Космонавтика», лишней раз убеждаешься в уникальной стремительности темпов развития этой науки, или, точнее, «совокупности отраслей науки и техники, обеспечивающих освоение космического пространства и внеземных объектов с использованием разного рода космических аппаратов (ракет, искусственных спутников, зондов, станций и т. д.), управляемых с Земли или пилотируемых» — такое толкование термина «космонавтика» дает энциклопедия. Кстати, к этому определению можно бы, пожалуй, добавить, что «совокупность» включает в себя и такие «отрасли науки и техники», рождение которых неразрывно связано с задачами и потребностями космонавтики, с ее становлением — космическую биологию и медицину, новые разде-

лы небесной механики и другие новые или только складывающиеся научные дисциплины.

Когда думаешь о темпах развития космонавтики, необычных даже для нынешней эпохи научно-технической революции, вспоминаешь не только о том, что рождение космонавтики датируется 4 октября 1957 г. — днем запуска первого советского искусственного спутника Земли, но и, в частности, о том, что во втором издании многотомной «Большой советской энциклопедии» (Большой, а не маленькой!) самому термину «космонавтика» посвящено буквально три строчки: «наука, изучающая возможности полетов летательных аппаратов в мировом пространстве». И это сказано всего лишь за четыре года до начала космической эры человечества! Правда, в 27 томе помещена статья «Межпланетные путешествия», но у нее, скорее, план исторический и проблемный, без намека на реальные перспективы.

Нынешнее, второе издание энциклопедии «Космонавтика» расширено по сравнению с ее первым изданием, вышедшим три года назад, в 1968 г. Это связано в основном со значительным дополнением словарика статьями, освещающими развитие космонавтики за прошедшие годы. Так, в первом издании не были опубликованы такие статьи, как персона-



ли «береговой Г. Т.» и другие. Не могли быть опубликованы статьи о выведенных на орбиты космических аппаратах «Интелсат», «Интеркосмос», «Метеор» и т. д. Другие статьи раздела «Космические аппараты» пришлось переписать заново, иногда снабжая их новыми названиями. Если раньше статья называлась «Союз-1», то теперь она стала более общей — «Союз» (ведь в космосе побывала целая флотилия «Союзов») и т. п. В разделе «Космическая биология и медицина» кроме общей статьи «Моделирование» появилась и важная статья «Моделирование годичного космического полета», посвященная замечательному советскому эксперименту, в котором трое испытателей — врач Г. А. Мановцев, биолог А. Н. Божко и техник Б. Н. Улыбышев — провели год в специальном комплексе наземных систем жизнеобеспечения, своеобразном «звонном звездолете». Естественно, пришлось дополнить приложение, в котором приведен перечень всех космических запусков. Раньше перечень заканчивался 1967 годом, а теперь 1969; соответственно, число запусков возросло с 617 до 878 — более 250 запусков за два года! Появилось и новое, весьма полезное приложение — таблица полетов советских и американских космонавтов. Пополнилась библиография. Как и раньше, имеется сводный указатель статей по тематическим разделам: космонавтика, космические аппараты, космические ракетные двигатели, ракетное топливо, управление движением и космическая навигация, динамика космического полета, космическая связь, космодромы, космическая биология и медицина, геофизика, астрономия, космическое право.

Обогатилась и обновилась художественное оформление книги: ее украсили портреты К. Э. Циолковского и новых советских и американских космонавтов, фотографии космонавта Э. Олдрин на Луне и добавлены фотографии ракетных двигателей ГДЛ—ОКБ РД-108 и РД-214, все полные рисунки вынесены в конец книги и выполнены значительно лучше.

Энциклопедия «Космонавтика» — не только крайне нужное и своевременное издание, своеобразный свод современных знаний в области космонавтики и смежных областей науки и техники, но издание во многом уникальное по своему характеру. Это — первая у нас в стране «космонавтическая» энциклопедия, если не считать известную энциклопедию по межпланетным путешествиям, составленную Н. А. Рыжковым и выпущенную в 1928—1932 гг. Время сделало ее лишь исторической достопримечательностью.

Составление и редактирование осуществлено группой ведущих специалистов космической техники и космонавтики. Главный редактор — академик В. П. Глушко. Следует отметить и широту словаря, содержащего многие вопросы, недостаточно освещенные, а то и вовсе не освещенные даже в специальной литературе, строгость и достоверность изложения. Пожалуй, особенно это относится к статьям по разным аспектам космической техники. Прежде некоторые из таких аспектов, к сожалению, не получали достаточного освещения в отечественной и зарубежной литературе. Энциклопедия имеет, в общем-то, несвойственный таким изданиям «монографический» характер. Неудивительно, что она за короткий срок приобрела большую популярность и стала настольной книгой для тех, кто связан с ракетно-космической техникой.

Издательство «Мир» выпустило английское и испанское издания, в ближайшее время выходит французское издание энциклопедии. Переведена и выпущена «Космонавтика» в Венгрии, Польше, ГДР. В зарубежной прессе появилось немало хороших отзывов о ней. Известный специалист, издатель энциклопедии «Британика» Уильям Брентон, отмечая высокое качество и несомненный интерес к советской энциклопедии, поздравил ее создателей с успехом. В подготовке французского издания издательство «Мир» пригласило участвовать Тома де Гальяна — специалиста по астронавтике, сотрудничающего с известным издательством «Ларусс», и ли-

тератора Мишеля Рузэ. С их помощью добавлен ряд статей о французской космонавтике (о французских космических запусках, ракетах, топливах, космодромах и т. д.) и небольшой трехязычный (англо-французско-русский) словарь статей по разделам, а также некоторые иллюстрации.

В настоящее время предполагается начать подготовку к третьему изданию «Энциклопедии».

**К. А. ГИЛЬЗИН**  
кандидат технических наук

## НОВЫЕ НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ

### **«УЧЕБНЫЙ ЗВЕЗДНЫЙ АТЛАС»**

В ответ на многочисленные вопросы читателей сообщаем, что издательство «Просвещение» выпустило в свет 3-е издание «Учебного звездного атласа» (автор А. Д. Марленский).

Атлас состоит из 15 карт, на которые нанесены видимые невооруженным глазом звезды (до 5<sup>м</sup>,75) северного и южного полушарий небесной сферы и наиболее интересные объекты, доступные наблюдениям в небольшой телескоп или светосильный бинокль. Фотографии и рисунки этих объектов помещены рядом с картами.

К атласу приложена подвижная карта звездного неба, разделенная на участки, соответствующие картам атласа.

Атлас предназначен для учащихся средней школы. Он может быть полезен студентам педагогических институтов и любителям астрономии.

# «ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ И СПОСОБЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ»

Эта книга предназначена тем, кто хочет наблюдать переменные звезды. Она с успехом может служить и учебным пособием для студентов и учителей, преподающих астрономию в средней школе. Автор книги — член-корреспондент АН УССР В. П. Цесевич, один из самых авторитетных исследователей переменных звезд.

Свой рассказ о переменных звездах автор начинает с описания характеристик, общих для всех звезд. Он дает определения звездной величины, светимости, показателя цвета, знакомит читателя со спектральной классификацией, внутренним строением и эволюцией звезд. Затем автор рассматривает природу переменных звезд того или иного типа, их особенности и характеристики: амплитуду блеска, период и кривую изменения блеска, спектральный класс и т. д. Здесь же приводится краткая историческая справка об открытии и исследовании почти каждого типа переменных звезд. Автор отмечает огромную роль русских и советских ученых в исследовании физической природы звезд. Он неоднократно подчеркивает, как важны наблюдения переменных для изучения внутреннего строения, динамики звезд и звездных систем, для определения их массы, плотности, температуры, для исследования структуры нашей Галактики и измерения расстояний.

Далее автор переходит к методике визуальных (в бинокль или школьный телескоп), фотографических и электрофотометрических наблюдений переменных звезд. Знакомит он читателя и с методикой обработки

наблюдений — определением блеска звезды, вычислением ее фазы для момента наблюдения, построением кривой блеска, исследованием ряда эффектов. Подробно рассматривается способ наименьших квадратов, которым пользуются при обработке наблюдений. Не забыл автор рассказать о необходимых для каждого наблюдателя картах и атласах звездного неба, каталогах переменных звезд.

Особую ценность книге придает глава «Электрофотометрические наблюдения переменных звезд», так как этот вопрос столь подробно еще не излагался для любителей астрономии. Из этой главы читатель узнает о методике электрофотометрических наблюдений, познакомится с устройством и принципом работы электрофотометра, а также с формулами для расчета оптики и электрической схемы прибора. Имея столь подробное руководство, коллективы любителей астрономии могут попытаться самостоятельно изготовить электрофотометр.

В «Приложении» дан каталог 20 ярких переменных звезд, доступных наблюдениям невооруженным глазом, и 63 переменных, которые можно наблюдать в бинокль или телескоп. В каталоге читатель найдет все основные типы переменных, их звездную величину в максимуме и минимуме блеска, элементы звезды, ее спектральный класс. В «Приложении» указаны звезды сравнения для ярких переменных, помещены карты окрестностей со звездами сравнения для телескопических переменных звезд. Кроме того, в «Приложении» приводятся таблицы перехода к юлианским дням и долям суток.

Пожалуй, к недостатку книги можно было бы отнести чрезмерную краткость описания фотографического метода наблюдений переменных звезд, а



Переменные звезды  
и способы их  
исследования

В. П. Цесевич. Переменные звезды и способы их исследования. «Педагогика», М., 1969 г.

также отсутствие специального раздела, в котором бы подробно излагалась организация и программы наблюдений переменных звезд. А ведь это особенно важно для начинающего наблюдателя!

В целом, книга — превосходное пособие для коллективов и отдельных любителей астрономии, занимающихся наблюдением переменных звезд.

С. С. ВОЙНОВ

## ЧИТАТЕЛЬСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ В ГОРЬКОМ

26 марта в Горьковском государственном педагогическом институте члены редакционной коллегии журнала «Земля и Вселенная» профессор В. В. Радзиевский, доктор географических наук А. А. Аксенов и кандидат педагогических наук Е. П. Левитан встретились с читателями.

Конференцию открыл ректор института А. Д. Саблин. Горьковчанин, профессор В. В. Радзиевский в своем приветствии выразил удовлетворение, что встреча проходит в Горьком, где сильны астрономические традиции, заложенные Нижегородским кружком любителей физики и астрономии и развиваемые приемником кружка — Горьковским отделением ВАГО. Профессор В. В. Радзиевский сообщил, что по данным Горьковского отделения «Союзпечать» в Горьком и Горьковской области в среднем наибольший в Союзе процент подписчиков на журнал «Земля и Вселенная».

Ответственный секретарь журнала Е. П. Левитан познакомил собравшихся с историей создания журнала, его направлением и содержанием будущих номеров.

Заместитель директора Института океанологии АН СССР А. А. Аксенов рассказал об океанологических исследованиях в СССР, о том, что 50-летний юбилей советская океанология отмечает значительными достижениями в изучении условий жизни на больших глубинах.

В своих выступлениях читатели просили редакцию журнала уделять больше внимания философским проблемам естествознания, истории астрономии, вопросам популяризации астрономических знаний, применения новой техники при чтении лекций по астрономии.

Профессор В. И. Арабаджи предложил ввести рубрику «В помощь лектору», что облегчило бы работу



Ректор Горьковского педагогического института А. Д. Саблин открывает читательскую конференцию журнала «Земля и Вселенная». Справа налево: А. А. Аксенов, В. П. Левитан, А. Д. Саблин, В. В. Радзиевский, В. И. Арабаджи, С. Г. Кулагин

лекторов планетариев. Он посоветовал шире освещать опыт строительства народных обсерваторий в СССР и странах народной демократии, публиковать статьи о приливных и геотермальных электростанциях — одном из перспективных направлений получения электрической энергии. Доцент А. В. Артемьев просил помещать в журнале краткие сообщения о всех космических экспериментах.

Не случайно встреча состоялась в педагогическом институте. Здесь готовятся кадры учителей астрономии — наиболее многочисленной и благодарной категории читателей журнала. Преподавание астрономии на современном уровне немислимо

без такого журнала, как «Земля и Вселенная», именно это неоднократно подчеркивали в своих выступлениях читатели.

Будущие учителя хотели бы чаще видеть в журнале статьи о проблемах педагогического образования в СССР и за рубежом, статьи, посвященные методике преподавания астрономии, новым учебникам, опыту работы учителей астрономии.

В заключение Е. П. Левитан, А. А. Аксенов, В. В. Радзиевский и В. И. Арабаджи ответили на многочисленные вопросы читателей.

С. Г. КУЛАГИН

доцент  
Н. П. ХРИСТАНОВ

## НОВЫЕ КНИГИ

### КОРОТКО О ЮПИТЕРЕ

Издательство «Мир» в 1970 г. выпустило в свет книгу Ш. Мпшо «Планета Юпитер» (перевод с английского К. А. Любарского, под редакцией В. Г. Тейфеля). Это — справочник, в котором суммируются современные наблюдательные данные о Юпитере и кратко излагаются результаты многих теоретических исследований.

Близится время, когда планеты-гиганты станут объектами космических экспериментов, которые помо-

гут узнать, есть ли у Юпитера твердая поверхность, какова природа загадочного Красного Пятна, чем вызваны страшные радиобурь в дециметровом диапазоне, каковы внутренние источники тепла самой большой планеты солнечной системы. Вот поэтому в последние годы возрос интерес к изучению физических свойств больших планет.

Новая книга, вероятно, будет полезна в качестве справочного пособия не только астрономам-профессионалам, но и многочисленным любителям астрономии и пропагандистам достигшей астрономической науки.

## ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

*Действительно ли результаты исследования осколков метеорита, упавшего на территории Австралии в 92 милях к северу от Мельбурна, впервые представляют убедительное свидетельство происходящей вне Земли химической эволюции, которая предшествует возникновению жизни?*

М. Шаяхметов  
Казань

На этот вопрос отвечает кандидат геолого-минералогических наук Г. П. ВДОВЫКИН.

Возникновению биосферы на Земле (около  $3,5 \cdot 10^9$  лет назад) предшествовала длительная стадия абюогенного синтеза органических соединений, или стадия химической эволюции органических соединений. На Земле эти ранние абюогенные органические соединения не сохранились, они были переработаны возникшим на их основе живым веществом. Однако такие органические соединения, образовавшиеся на ранних этапах развития солнечной системы, сохранились в метеоритах, падающих на Землю из космического пространства. Следовательно, изучение органических соединений в метеоритах помогает понять, в каких условиях зарождалось живое вещество на Земле.

Органическими соединениями обогащены редкие каменные метеориты — углистые хондриты. Их известно около 30. На территории нашей страны упали углистые хондриты Грозная (1861 г.), Миген (1889 г.), Старое Борискино (1930 г.). Углистые хондриты содержат до 4—7% органических соединений. Это — в основном высокомолекулярные органические вещества, а также углеводороды, аминокислоты и другие.

Автор этих строк изучал органические вещества, включая и аминокислоты, в углистых хондритах Грозная, Миген, Старое Борискино. В метеорите Миген найдено 10 аминокислот, в метеорите Старое Борискино — 8, в метеорите Грозная — 6. Во всех трех метеоритах наиболее распространены аминокислоты глицин и аланин, менее распространены аспарагиновая и глутаминовая кислоты и еще в меньшем ко-



*Обин из осколков метеорита Мурчисон. Размеры осколка 3,8 × 3,3 см*

личестве встречаются аминокислоты лизин, гистидин, серин, валин, треонин, лейцин.

Образцы метеоритов для анализа брались из внутренних частей больших осколков, и они не были загрязнены в земных условиях; следовательно, найденные аминокислоты присущи этим метеоритам.

Аминокислоты обнаружены и в метеорите, упавшем 28 сентября 1969 г. на территории Австралии. При пролете через атмосферу этот типичный углистый хондрит, вероятно, раскололся на две части, которые на высоте около 20 км раздробились и выпали недалеко от города Мурчисон (штат Виктория). Сразу же после падения были собраны десятки образцов метеорита общим весом 24,4 кг. Наибольший из них весил 2,7 кг. Американские исследователи склонны рассматривать аминокислоты и углеводороды, которые они нашли в метеорите Мур-

чисон, как свидетельство внеземной жизни.

Однако органические вещества могут быть не только продуктом жизнедеятельности. Они могут образоваться химическим путем. В метеоритах сложные органические соединения могли возникнуть из легколетучих компонентов раннего вещества солнечной системы. Главным источником энергии преобразования, возможно, было космическое облучение. Академик А. П. Виноградов и автор этих строк синтезировали ряд аминокислот, облучая протонами смеси газообразных веществ, содержащих С и N в различных формах, в присутствии  $H_2O$ . В продуктах синтеза преобладают те же аминокислоты, что и в метеоритах. Это подтверждает возможность химической эволюции органических соединений на ранней стадии развития вещества солнечной системы.



*Какими научными методами пользовался профессор Токийского университета Хироши Кавасуми, который предсказывает, что в 1978 г. в Токио произойдет разрушительное землетрясение? Я прочитал об этом прогнозе в газете «Известия» (от 14 февраля 1971 г.).*

Г. Платонов  
Сочи

На этот вопрос отвечает заведующий лабораторией сильных землетрясений Института физики Земли АН СССР доктор физико-математических наук Н. В. ШЕБАЛИН.

Предсказание профессора Х. Кавасуми относительно землетрясения, грозящего в 1978 г. японской столице Токио, вызвало большой интерес. Сейчас трудно сказать, в какой мере истинный смысл заявления Х. Кавасуми был точно известен информационными агентствами — в научных журналах не появлялось еще публикаций по этому вопросу. Несомненно, однако, что заявление это сделано серьезным ученым, много лет успешно работающим в области изучения сильных землетрясений. Мне приходилось встречаться с профессором Кавасуми — это ученый, неоднократно высказывавший интересные идеи, и одновременно — человек большой скромности, из-за которой, порой, его работы оставались в тени. Как же следует отнестись к предсказанию профессора Кавасуми?

То, что в окрестностях Токио и в самом городе может произойти очень сильное землетрясение, никаких возражений не вызывает: сильные землетрясения неоднократно происходили здесь и последней по времени катастрофой было печально знаменитое землетрясение 1923 г., вызвавшее огромные разрушения в Токио и Икогаме и погубившее около 140 000 человек. Таким образом, трудность заключается в предсказании лишь времени следующего сильного землетрясения.

Нынешнее состояние проблемы прогноза землетрясений позволяет различно рассматривать долгосрочный и краткосрочный прогноз времени землетрясения. Краткосрочным обычно называют предсказание времени землетрясения за несколько недель или дней. Ни одного надежного и пригодного для широкого применения способа краткосрочного прогноза в настоящее время еще нет. Не составляет исключения и метод, ос-

нованный на вариация содержания радона: далеко не всюду в воде глубоких скважин достаточно радона, и не везде, где он есть, его содержание меняется перед землетрясением. Перспективнее поисковые работы, основанные на более общих способах выявления напряженного состояния земной коры по вариациям скорости упругих волн, по вариациям электромагнитного поля и точным геоэлектрическим измерениям. (В Институте физики Земли АН СССР уже получены многообещающие результаты.) Необходимо, однако, заметить, что указанные методы еще не были опробованы на больших землетрясениях. Между тем существует опасение, что чем сильнее ожидаемое землетрясение, тем больше его очаг, тем менее точно можно предсказать его момент. Возможно даже, что существует особое соотношение «неопределенности прогноза» — чем точнее мы будем предсказывать время землетрясения, тем больше можем ошибиться в определении его силы, и наоборот.

Если методы краткосрочного прогноза основываются на длительных комплексных наблюдениях за поведением конкретных зон зарождения будущих очагов, то долгосрочный прогноз основан на детальном изучении совокупности очагов целой зоны и поведением этой совокупности во времени — так называемом сейсмическом режиме. Первый прогноз такого рода был составлен несколько лет назад для района Камчатки и Курильских островов кандидатом физико-математических наук С. А. Федотовым — ныне членом-корреспондентом АН СССР. Для нескольких участков Курило-Камчатского пояса С. А. Федотов предсказал на 30 лет вперед по пятилетиям, основные показатели сейсмического режима, в том числе вероятность возникновения сильных землетрясений. До настоящего времени расчеты эти оправдываются хорошо.

Долгосрочный прогноз С. А. Федотова основан на представлении о сейсмическом цикле. Сейсмический

цикл — это закономерная смена периодов: сильные землетрясения дробят земную кору, снижают ее прочность, вызывают усиленное выделение сейсмической энергии; вслед за этим наступает стабилизация, упрочнение зоны, накопление энергии, и, наконец, — напряжения приближаются к опасному пределу, начинается период подготовки сильных землетрясений. Длительность сейсмического цикла в Курило-Камчатской зоне составляет, по С. А. Федотову,  $(140 \pm 60)$  лет. Закономерность, обнаруженная С. А. Федотовым, носит статистический характер.

Каков же по своему характеру прогноз Х. Кавасуми для района Токио? Если этот прогноз основан на закономерностях сейсмического режима, то, пожалуй, срок ожидаемой катастрофы назван излишне точно. К тому же, новая катастрофа ожидается в том же месте спустя всего 55 лет. Даже с учетом высокой активности земной коры в районе Японских островов это рано.

Если же прогноз основан на деталях наблюдений в зоне именно этого сейсмического очага, и в результате этих наблюдений получены данные об опасном накоплении напряжений и готовящейся активизации, решающая фаза которой наступит через 8 лет — тогда наших японских коллег можно поздравить с крупным успехом в трудном деле прогноза землетрясений. Мне, однако, достигнутая точность и заблаговременность прогноза представляется пока невероятной. Если опасные признаки действительно замечены — ожидаемое землетрясение может произойти и раньше, и с меньшей силой. Таким образом, я почти уверен в том, что прогноз профессора Кавасуми, если и оправдается, то лишь частично.

Еще одно замечание. Пока методика предсказаний времени и силы землетрясений не отработана с высокой надежностью, ученые должны быть крайне осторожны, сообщая об ожидаемых землетрясениях. Соответственно и административные органы должны проявлять осмотрительность, не допуская ложных слухов, паники, дезорганизации общественной жизни. Надо постоянно помнить, что предсказание стихийных бедствий представляет собой не только научную, но и социально-экономическую и медико-санитарную проблему, причем социально-экономические и медико-санитарные аспекты природных катастроф разработаны, пожалуй, значительно хуже, чем аспекты геофизические. С этой точки зрения широкая пропаганда заявления профессора Х. Кавасуми, безусловно, нецелесообразна.



эпцентре, по оценкам американских сейсмологов, достигала 10—11 баллов, что, по-видимому, завышено. Если принять балльность в эпицентре равной 9—10, то можно считать глубину очага равной 10 км. Землетрясение произошло в районе, который считался относительно безопасным. Область наибольших сотрясений, отражающая протяженность очага землетрясения, тянется примерно на 30—35 км поперек основного разлома Сан-Андреас.

21 февраля 11 час. 45 мин. 26 сек.  
 $40^{\circ},9$  с. ш.;  $72^{\circ},4$  в. д.  
 $M = 4,5$

Узбекская ССР, Ферганская долина. По данным предварительной обработки, эпицентр землетрясения находился на расстоянии 300 км от Ташкента и в 20 км восточнее Анджана. Сила его в эпицентре около 6 баллов. В городах Анджан и Ош землетрясение ощущалось силой 4—5 баллов, в Намангане — 3 балла, в Ташкенте — 2—3 балла.

1 марта 23 час. 22 мин. 47 сек.  
 $43^{\circ},4$  с. ш.;  $39^{\circ},5$  в. д.  
 $h = 10$  км,  $M = 3,5$

Эпицентр землетрясения находился в 10 км от берега моря, в районе курортного поселка Лоо. Сила зем-

летрясения до 4 баллов. Это очередной толчок Сочицкого роя землетрясений 1970—1971 гг.

23 марта 20 час. 47 мин. 15 сек.  
 $42^{\circ},0$  с. ш.;  $79^{\circ},0$  в. д.

$M = 6,0—6,2$

Киргизская ССР. Землетрясение ощущалось в Талгаре. В Прижевальске сила его достигла 3,5—4 баллов. Ему предшествовал сильный предвзрывательный толчок в 9 час. 58 мин., ощущавшийся во Фрунзе и Алма-Ате силой в 2—3 балла.

Л. А. МОСКАЛЕВА

## АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОШИБКА НА ПОЧТОВЫХ МАРКАХ

Осенью 1969 г. в США была выпущена мемориальная почтовая марка «Первый человек на Луне», изображающая выход Н. Армстронга на лунную поверхность 21 июля 1969 г. Справа над лунным горизонтом, на высоте около 1,5 художник поместил Землю. Однако изображенное на этой марке положение Земли на лунном небе — всего лишь волюнтаризм художника. Рассмотрев марку, редко кто догадывается об этой ошибке. Автор опросил несколько десятков лиц (геологов, географов, астрономов, журналистов), но из них

только один (причем не астроном!) обратил на нее внимание.

Как известно, лунная кабина «Орел» опустилась на видимом с Земли полушарии Луны, в точке с селенографическими координатами  $0^{\circ}40'12''$  с. ш. и  $23^{\circ}29'24''$  в. д. При отсутствии либраций (покачиваний) Луны по долготе и широте зенитное расстояние Земли в этой точке было бы около  $23^{\circ},5$ , т. е. высота над лунным горизонтом составляла бы около  $66^{\circ},5$ . Однако эллиптичность орбиты и несовпадение с ней плоскости экватора вызывают у Луны либра-

цию по долготе  $-7^{\circ}54'$  и широте  $-6^{\circ}41'$ . Из-за этого мы видим с Земли не половину, а 59% лунной поверхности. 21 июля 1969 г. либрация Луны по долготе была  $-7^{\circ}$  и по широте  $+2^{\circ}$ , т. е. Земля находилась в зените точки лунной поверхности с координатами  $7^{\circ}$  в. д. и  $2^{\circ}$  с. ш. Угловое расстояние между этой точкой и зенитом места прилунения «Аполлона-11» составляло  $16^{\circ},5$ .

Таким образом, в месте прилунения 21 июля 1969 г. Земля имела угловую высоту  $73^{\circ},5$  и, следовательно, не могла находиться так низко над лунным горизонтом, как это изображено на марках США, Польши, Бутана и некоторых других стран.

Г. Н. КАТТЕРФЕЛЬД  
 кандидат геолого-минералогических наук





## ГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ И БИОСФЕРА

В течение всей геологической истории Земля ее магнитное поле неоднократно меняло свое направление на обратное. Такие изменения происходили с интервалами от 1 до 100 млн. лет. В последнее время среди специалистов распространилось мнение, что эта перемена знака геомагнитного поля имела весьма существенное влияние на жизнь на Земле. Дело в том, что интенсивность магнитного поля во время перемены знака резко уменьшается (в 5—10 раз), кроме того, при этом ослабевают магнитные экраны магнитосферы, а следовательно, жесткое излучение

достигает Земли, оказывая губительное действие на биосферу.

В ноябре 1970 г. на ежегодной конференции Геологического общества Америки в Милуоки (штат Висконсин) сотрудник Ламонтской геологической обсерватории Колумбийского университета (Паллисайд, штат Нью-Йорк) доктор Джеймс Д. Хейс сообщил о результатах проведенных им исследований в этой области. Изучая 28 колонок донного грунта, поднятых в различных глубоководных районах Мирового океана, он установил, что за последние 2,5 млн. лет вымерло восемь видов

радиолярий — одноклеточных морских организмов, живущих во всех океанах.

Шесть из этих видов вымерло одновременно и повсеместно, причем это событие произошло немедленно вслед за переменной в направлении магнитного поля Земли. Дж. Д. Хейс считает, что вероятность случайной корреляции таких событий не превышает 1:10 000.

Возможна и прямая связь магнитного поля с биологическими процессами. Недавние эксперименты, в частности, показали, что улитки и пчелы обладают чувствительностью к магнитным полям с интенсивностью, не превышающей геомагнитное поле.

«Science News», 98, 21, 1970.

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

Научно-популярный журнал  
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

### Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ  
Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН  
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН



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

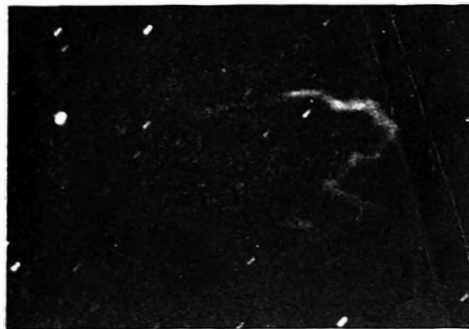
Художественный редактор  
Л. Я. Шимкица

Корректоры Н. Е. Затеева  
Г. Н. Нелидова

Т-10671 Подписано в печать 26/VII 1971 г.  
Сдано в набор 30/IV 1971 г.  
Формат бум. 84 × 108<sup>1/16</sup>  
Бум. л. 2,5 Печ. л. 5,0 (8,4)  
Уч.-изд. л. 9,9 Заказ 2211  
Тираж 40.000 Цена 40 коп.

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

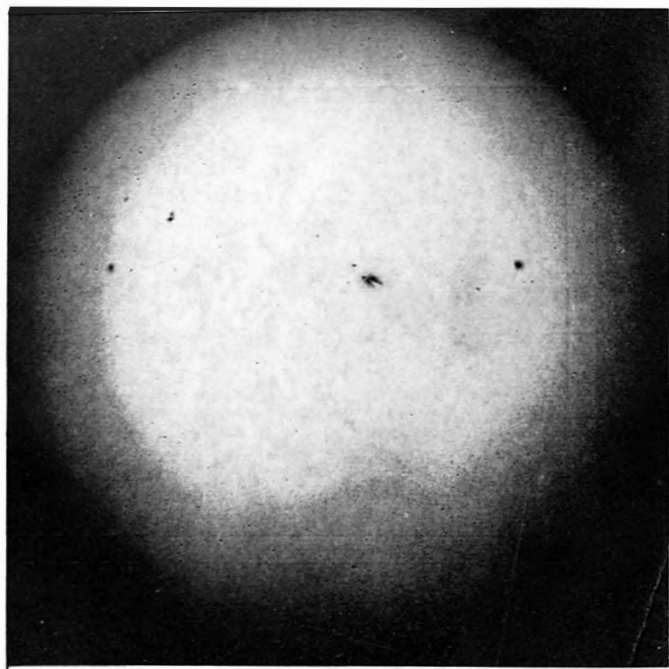
# Фотографии метеорных следов



Следы метеоров потока Леонид. Фотографии получены 17 ноября 1965 г. Л. И. Насыровой (вверху) и 17 ноября 1966 г. У. Шодиевым.



Следы метеоров потока Орионид. Верхний снимок получен 23 октября 1963 г. А. И. Бахаревым и И. Ибрагимовым, два других снимка сделаны 22 октября 1966 г. А. П. Саврухиным.



Эта фотография Солнца получена 5 сентября 1970 г. на самодельном фотогелиографе. Прибор показан справа. Рядом с фотогелиографом Ю. А. Гришин — автор статьи, в которой рассказывается, как сделать такой прибор.



Цена 40 коп.

Издательство

Индекс 70336



«Наука»