

ISSN 0044-3948



**3 1981** **ЗЕМЛЯ**  
**И**  
**ВСЕЛЕННАЯ**

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·  
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

# РЕЗОЛЮЦИЯ

## XXVI съезда КПСС по докладу товарища Л. И. Брежнева — Отчет Центрального Комитета КПСС XXVI съезду Коммунистической партии Советского Союза и очередные задачи партии в области внутренней и внешней политики

Заслушав и обсудив доклад Генерального секретаря ЦК КПСС товарища Л. И. Брежнева — Отчет Центрального Комитета КПСС XXVI съезду Коммунистической партии Советского Союза и очередные задачи партии в области внутренней и внешней политики, XXVI съезд Коммунистической партии Советского Союза постановляет:

1. Целиком и полностью одобрить ленинский курс и практическую деятельность Центрального Комитета партии.

2. Одобрить Отчетный доклад Центрального Комитета КПСС и предложить всем партийным

организациям руководствоваться в своей работе положениями и задачами в области внутренней и внешней политики, выдвинутыми в докладе товарищем Л. И. Брежневым.

# ПОСТАНОВЛЕНИЕ

## XXVI съезда Коммунистической партии Советского Союза по проекту ЦК КПСС «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года»

Заслушав и обсудив доклад Председателя Совета Министров СССР товарища Тихонова Н. А. об Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года, XXVI съезд Коммунистической партии Советского Союза постановляет:

Утвердить Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года.

Совету Министров СССР разработать в соответствии с Основными направлениями проекта Государственного плана экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы с разбивкой по годам пятилетки, по министерствам, ведомствам СССР и союзным республикам и внести его на рассмотрение Верховного Совета СССР в октябре 1981 года.

При составлении одиннадцатого пятилетнего плана рассмотреть предложения, внесенные на XXVI съезде КПСС, на съездах компартий союзных республик, краевых и областных партийных конференциях, собраниях актива и пленумах партийных комитетов в районах, городах

и округах, в трудовых коллективах и в печати, а также в письмах рабочих, колхозников, специалистов и ученых.

XXVI съезд КПСС считает, что осуществление широкой программы экономического и социального развития страны в новой пятилетке является важнейшей хозяйственно-политической задачей всех партийных, советских, профсоюзных, комсомольских и хозяйственных организаций. Съезд выражает уверенность, что трудящиеся всех отраслей народного хозяйства под руководством ленинской партии еще шире развернут диалектическое соревнование, приложат все свои творческие силы, знания и опыт для успешного решения задач коммунистического строительства.

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

3 МАЙ  
ИЮНЬ  
1981

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

## В номере:

Парийский Ю. Н.—РАТАН-600 изучает большую Вселенную . . . . .	2	
Слыш В. И.—Дейтерий во Вселенной и в межзвездных молекулах . . . . .	8	
<b>Проблемы гамма-астрономии</b>		
Мелиоранский А. С., Ямбуренко Н. С.—Гамма-спектроскопия . . . . .	16	
Балебанов В. М., Нестеров В. Е., Прилуцкий О. Ф.—Дискретные источники космического гамма-излучения . . . . .	21	
Гальпер А. М., Котов Ю. Д., Лучков Б. И.—Гамма-лучи раскрывают структуру Галактики . . . . .	24	
<hr/>		
Тиндо И. П.—«Рачий глаз» — рентгеновский телескоп будущего? . . . . .	28	
Авакян А. Б., Воропаев Г. В., Каминский В. С.—Водные ресурсы СССР . . . . .	32	
Сагитов М. У., Милюков В. К.—Постоянная тяготения . . . . .	37	
<b>ЛЮДИ НАУКИ</b>		
Боярчук А. А.—Эвальд Рудольфович Мустель . . . . .	44	
Никонов В. Б., Нумерова А. Б., Огородников К. Ф.—Борис Васильевич Нумеров . . . . .	48	
Зверев М. С.—Встречи с Б. В. Нумеровым . . . . .	50	
Мартынов Д. Я.—Из воспоминаний о Б. В. Нумерове . . . . .	51	
Харадзе Е. К.—Б. В. Нумеров и развитие астрономии в Грузии . . . . .	53	
<b>ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ</b>		
Петрушевский Б. А.—Из докосмодромной истории района Байконура . . . . .	56	
<b>СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ</b>		
Левитан Е. П.—Съезд ВАГО в Алма-Ате . . . . .	61	
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ</b>		
Брянцева Л. И.—Клуб юных астрономов Донецка . . . . .	67	
Литвинова Л. И.—Планетарий в школе . . . . .	69	
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ</b>		
Крылов А. Н.—Портативный телескоп . . . . .	71	
<b>ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ . . . . .</b>		73
<b>КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ</b>		
Салтыковский А. Я.—Вулканизм мог создать основу жизни . . . . .	75	
Мухин Л. М.—Новый термин — это еще не новая отрасль науки . . . . .	77	
<b>НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b>		
Новое о SS 433 [7]; Скрытая масса! [7]; Лебедь X-1 — черная дыра! [15]; Необычный остаток сверхновой [15]; Самая далекая сверхновая [15]; Радиолокационные наблюдения планет [20]; Двойная планета Солнечной системы [27]; Гайоты в Тихом океане [42]; Рейсы кораблей науки [июнь — декабрь 1980] [42]; 50-летие «Вестника» [47]; Универсальные астрономические часы [54]; В преддверии межзвездного полета [60]; Совещание в Абастумани [66]; Новые книги [78, 79, 80].		



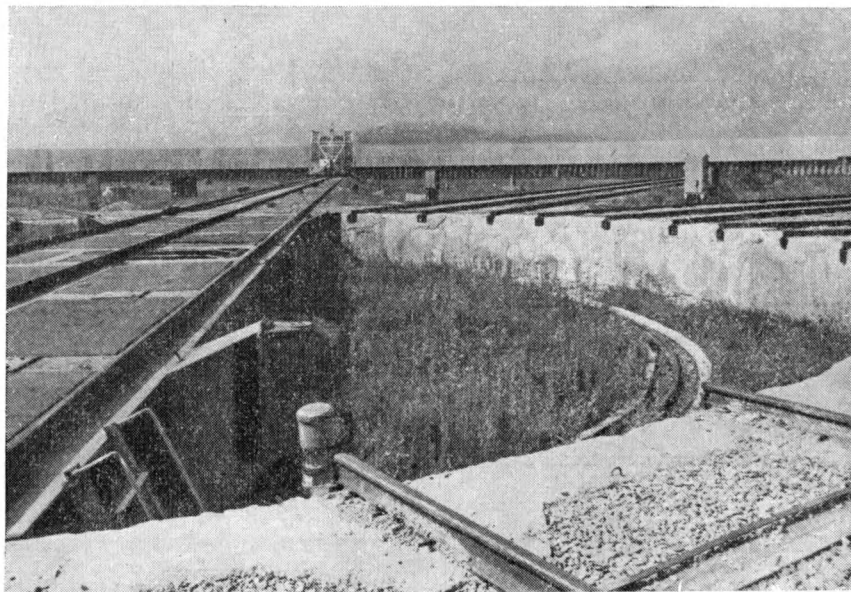
Член-корреспондент АН СССР  
ПАРИЙСКИЙ Ю. Н.

## РАТАН-600 изучает большую Вселенную

**За первые четыре года работы радиотелескопа РАТАН-600 на нем выполнено свыше 10 000 наблюдений Солнца, планет и их спутников, Луны, Галактики, радиогалактик, квазаров. Проведен самый глубокий за всю историю радиоастрономии обзор части неба.**

В 1977 году завершилось строительство крупнейшего в мире радиотелескопа Академии наук РАТАН-600 (Земля и Вселенная, 1977, № 6, с. 40—47.— Ред.). В 1980 году наблюдения проводились на всех четырех секторах радиотелескопа. Последним вступил в строй полностью автоматизированный вариант западного сектора. Автоматизация других секторов радиотелескопа продолжается. Удалось повысить качество основной поверхности радиотелескопа, что позволило начать наблюдения на волне 1,35 см с разрешением 7". Сейчас на семнадцати радиометрах, настроенных на различные длины волн — от 1,35 до 30 см, ведутся регулярные измерения космического радиоизлучения. Осваивается и более коротковолновый диапазон — 4 и 8 мм. Закачивается создание универсального спектрального комплекса для изучения линий нейтрального водорода, гидроксидов, формальдегида, водяного пара и многочастотного магнитографа для солнечных исследований.

На радиотелескопе работают не только сотрудники Специальной астрофизической обсерватории АН СССР, но и астрономы других советских и зарубежных обсерваторий.



*Северный сектор радиотелескопа РАТАН-600. Во время проведения эксперимента «Холод» этот сектор был «охлажден» до 10 К благодаря тщательному экранированию фокуса от излучения Земли*

Наблюдательное время радиотелескопа распределяется программным комитетом РАТАН-600. Сейчас наблюдения ведутся около 90% времени года, причем более половины этого времени радиотелескоп используется приглашенными радиоастрономами. Наблюдения в области внегалактической астрономии выполняют сотрудники Государственного астро-

номического института имени П. К. Штернберга (фундаментальные обзоры всего неба), Института космических исследований АН СССР (переменные радиоисточники), Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР (поиск радиоизлучения компактных галактик и скоплений компактных галактик), Специальной астрофизической обсерватории АН СССР (радиогалактики и квазары, радиоизлучение объектов с непрерывным оптическим спектром, предельно глубокие обзоры неба, изотропия реликтового излучения). Здесь мы расскажем о двух результатах, полученных в 1980 году сотрудниками Специальной астрофизической обсерватории в области внегалактической радиоастрономии.

Радиогалактики исследуются уже более тридцати лет, но до сих пор нет единого мнения о причинах возникновения самого феномена радиогалактики.

Радиогалактики, как правило, имеют двойную структуру: два мощных радиокомпонента (плазмоны) располагаются по разные стороны от оптической галактики. На внешних краях радиокомпонентов нередко наблюдаются компактные и очень яркие образования — «горячие пятна». Различные гипотезы происхождения радиогалактик предсказывают различную зависимость их изображения от частоты. В одной из теоретических моделей предполагается, что на внешних краях разлетающихся от галактики плазмонов генерируются космические лучи. В результате динамического взаимодействия таких плазмонов с межгалактическим газом ожидается сильная зависимость радиоизображения галактики от частоты. Тот же эффект должен наблюдаться, если радиоизлучение протяженных компонентов («хвосты» радиокомпонентов, а иногда и соединяющие их «мосты») поддерживается релятивистскими электронами, вылетающими из «горячих пятен», или релятивистскими пучками плазмы, истекающей из ядра галактики. Более привлекательными представляются механизмы ускорения частиц до релятивистских энергий внутри самих радиокомпонентов (механизмы *in situ*). Компоненты радиоисточников с течением времени превращаются из «магнитных мешков», наполненных космическими лучами, в «мешки», заполненные звуковыми волнами. Эти волны поддерживаются благодаря непрерывной бомбардировке движущихся компонентов неоднородностями вещества, которые встречаются в межгалактической среде. «Звук» интенсивно «греет» (ускоряет) космические лучи. Частотная зависимость радиоизображения в этом случае может не наблюдаться, поскольку спектр электронов во всех областях компонентов должен быть примерно одинаковым.

Выявлению частотной зависимости

радиоизображений и была посвящена большая работа по составлению каталога пятидесяти ярких радиогалактик. Проанализировав многочастотные данные, полученные на РАТАНе-600, мы пришли к выводу, что **не существует частотной зависимости радиоизображений галактик**, за исключением «головохвостых», или «кометообразных» (Земля и Вселенная, 1975, № 2, с. 29—32.— Ред.).

Для примера рассмотрим изображения радиогалактик ЗС 353 и Лебедь А. У первой нет «горячих пятен», у второй они ярко выражены. Напомним, что частотная зависимость интенсивности радиоизлучения имеет вид:  $I_\nu \sim \nu^{-\alpha}$ , где  $\alpha$  — спектральный индекс, значение которого в радиогалактиках изменяется примерно от 0,6 до 1,2. В ЗС 353 распределение интенсивности радиоизлучения по всему источнику однородно с точностью до 0,02, а в Лебедь А — с точностью до 0,05 от абсолютных значений спектрального индекса. Любопытно, что именно частотная зависимость изображения Лебедя А, обнаруженная английскими радиоастрономами в Кембридже (согласно их измерениям, в «хвостах» радиокомпонентов спектральный индекс достигал значений 1,5, а в «горячих пятнах» — примерно 0,8), привела их к гипотезе о релятивистском пучке плазмы («луче»), питающем «горячие пятна», которые, в свою очередь, поддерживают радиоизлучение во всем объеме источника. Позднее эта гипотеза была распространена на все радиогалактики и даже квазары.

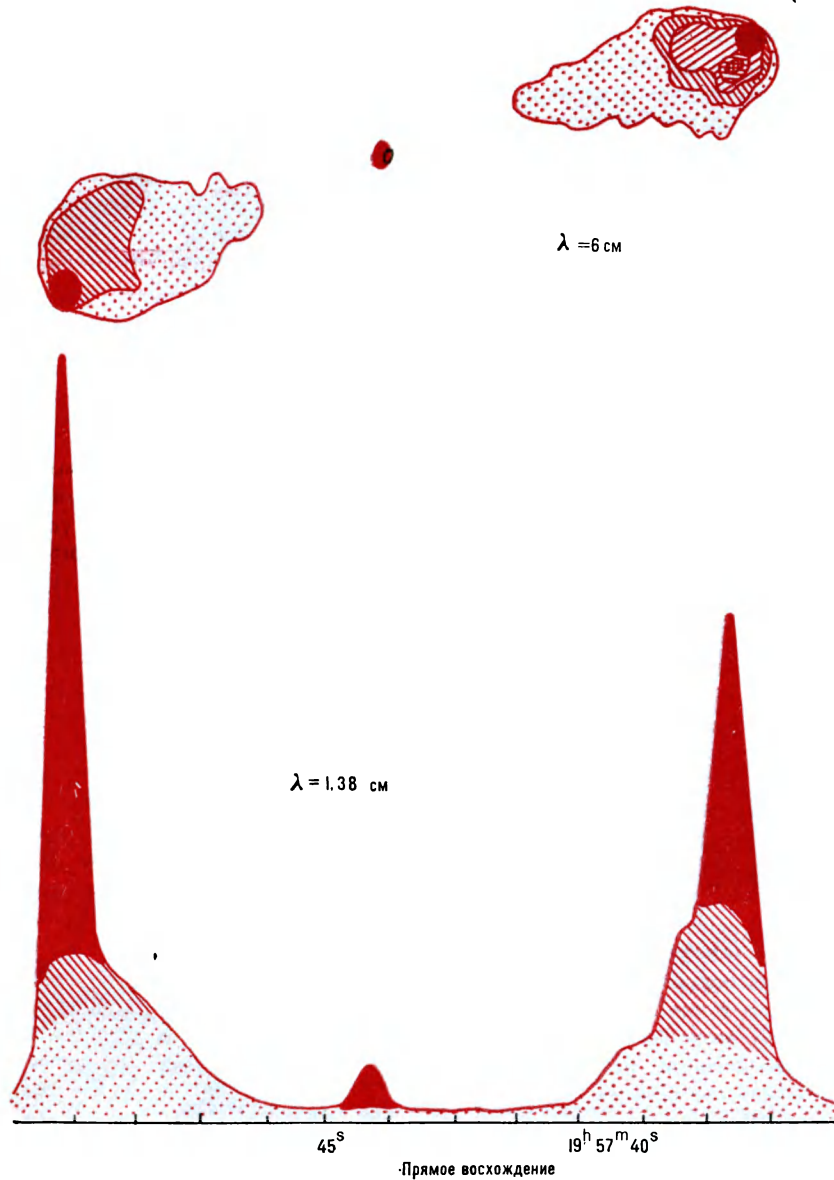
Часто «луч» отождествляется с перемычкой, связывающей ядро источника с протяженными компонентами. Такие светящиеся «мосты» мы заметили у многих радиогалактик. Спектры «мостов» не отличаются от спектра источника в целом. Трудно непосредственно проверить, являются ли светящиеся перемычки между компонентами пучками релятивистской плазмы. Свидетельство в пользу этого получено с борта рентгеновского спутника HEAO-B (орбитальная обсерватория имени Эйнштейна). Результаты рентгеновских наблюдений «моста» в радиогалактике Центавр А согласуются с данными наблюдений на

РАТАНе-600 при условии, что горячий газ (температура  $10^8$  К) достаточно спокойно вытекает (скорость порядка 100 км/с) из ядра галактики и попадает в радиокомпоненты. Наблюдения на гигантской системе апертурного синтеза VLA (Very Large Array) в США также свидетельствуют о спокойном течении «струй» из ядра галактик.

Мы предприняли попытку найти признаки релятивистского разлета (движения со скоростью, близкой к световой) главных компонентов двойных радиогалактик. Измерения, выполненные на РАТАНе-600 и других радиотелескопах, позволили нам установить, что **компоненты радиогалактики Лебедь А и некоторых других движутся со скоростями много меньше световой**. Например, верхний предел скорости разлета компонентов Лебедя А равен 0,02 скорости света, причем западный компонент приближается к нам, а восточный — удаляется.

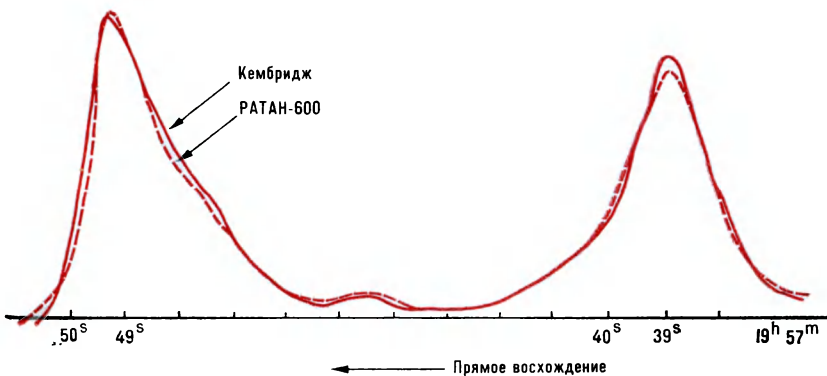
Природа ядер радиогалактик и механизм их активности остаются загадкой. В ядрах одних галактик радиоисточники кажутся стабильными на протяжении пяти-семи лет (например, Лебедь А), в ядрах других наблюдаются значительные изменения в течение года (ЗС 111). Не ясно, является ли активность ядер следствием выброса вещества (газа, релятивистских частиц), что приводит к высокому возбуждению окружающей среды, или, наоборот, следствием падения газа на быстровращающиеся компактные и плотные образования в сердцевине ядра, например на черную дыру. Чтобы проверить модель ядра радиогалактики с массивной черной дырой в центре, мы заново обследовали ядро нашей Галактики.

«Земля и Вселенная» уже рассказывала (1977, № 6, с. 44), что наблюдения ядра Галактики на РАТАНе-600 позволили установить электронную температуру и распределение электронной плотности в области II вокруг кинематического центра Галактики. По наблюдаемому распределению газа (при условии его гравитационно связанного равновесного состояния) можно восстановить распределение гравитационного потенциала



в этой области. Расчеты показали, что в центре Галактики должно находиться примерно  $3 \cdot 10^8$  солнечных масс. Используя дополнительную информацию об интенсивности инфракрасного излучения звезд в центре Галактики, оценки интенсивности ионизирующего ультрафиолетового излучения и другие данные наблюдений, мы построили модель центрального звездного облака. В центральной области Галактики должны быть звезды спектральных классов К и М, причем их распределение близко к изотермическому. В рамках сделанных предположений наблюдения не допускают наличия большой (порядка  $10^3$ — $10^4$  солнечных масс) точечной массы в ядре Галактики.

В центре околоядерного сгущения вещества наблюдается радиисточник. Не связан ли он с каким-либо массивным и компактным образованием в ядре Галактики? Светимость радиисточника близка к светимости знаменитого галактического объекта SS 433 — двойной звездной системы (Земля и Вселенная, 1980, № 4, с. 20—25.— Ред.). Спектр радиисточника (с учетом поглощения в окружающей области H II) имеет такую же форму, как и спектр SS 433 в спокойной фазе. По-видимому, в центре Галактики на-



Двумерное (вверху) и одномерное (внизу) изображения радиогалактики Лебедь А. Двумерное изображение на волне 6 см получено в Кембридже (Англия) на 5-мильном интерферометре, одномерное изображение на волне 1,38 см — в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР на РАТАН-600

Сравнение одномерных изображений радиогалактики Лебедь А на волне 6 см (Кембридж) и 1,38 см (РАТАН-600). Подобие изображений свидетельствует об одинаковом спектральном составе радиоизлучения «горячих пятен» и «хвостов» радиогалактики

ходится объект малой массы, аналогичный SS 433.

Наконец, наблюдения на РАТАНе-600 не подтвердили существования в области H II, вблизи ядра Галактики, отдельных плотных сгущений газа, которые были обнаружены в ходе инфракрасных наблюдений (длина волны 12,8 мкм) американскими астрономами во главе с Ч. Таунсом. Между тем кинематика этих плотных сгущений допускала наличие в центре Галактики компактного массивного образования. Вероятно, детали, видимые в инфракрасном диапазоне, случайно проецируются на ядро Галактики. Сравнение наших данных с диффузным фоном излучения центра Галактики на волне 12,8 мкм позволило впервые определить количество пыли между Землей и галактическим ядром. Общее поглощение пылью составило 29 звездных величин в визуальной области спектра.

Итак, по-видимому, ядро нашей Галактики состоит из обычных звезд и не имеет массивной черной дыры, которая могла бы вызывать энергичную активность ядра.

Используя многочисленные наблюдения на РАТАНе-600, мы попытались определить физические условия в ядрах наиболее активных радиогалактик. Из интегральных характеристик радиоизлучения ядер удалось оценить скорости турбулентных движений в многокомпонентных радиоструктурах ядер галактик, скорости разлета компонентов двойных или скорости расширения одиночных источников. Хотя точность оценок невелика, можно утверждать, что во всех исследованных радиогалактиках (3C 48, 3C 120, 3C 111, Центавр А и др.) скорости движения или расширения деталей тонкой радиоструктуры много меньше скорости света и не слишком отличаются от скорости расширения оболочек сверхновых на ранних стадиях развития (десятки тысяч километров в секунду).

Приходится признать, что теория радиогалактик далека от завершения. Последние данные радиоастрономии, в том числе и наблюдения, выполненные на РАТАНе-600, скорее, требуют новых идей, чем подтверждают старые.

## ПРЕДЕЛЬНО ГЛУБОКИЙ ОБЗОР НЕБА

С древних времен человек стремится проникнуть в глубины Вселенной. В эру Птолемея и Яна Гевелия проникающая сила астрономических инструментов зависела от особенностей зрения наблюдателя, в телескопическую и радиоастрономическую эру — от мощности инструмента и свойств приемной аппаратуры. В последнее десятилетие были выявлены принципиальные пределы глубины проникновения в космическое пространство, которые оказались разными для разных диапазонов волн электромагнитного спектра. Эти пределы обусловлены прежде всего различными фоновыми излучениями атмосферы и ионосферы Земли, Галактики и Метагалактики.

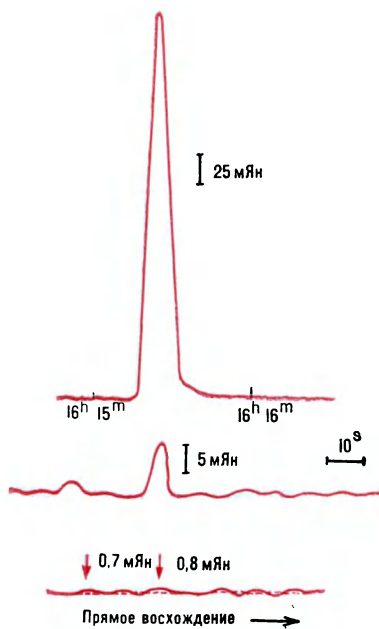
Любопытно сравнить пути проникновения человека в глубины Вселенной в оптическом и радиодиапазонах. Без крупных оптических телескопов человек способен увидеть в основном только звезды. Используя все большие и большие телескопы, человек проникал все дальше в глубины Галактики, а затем и большой Вселенной, изучая сначала близкие галактики, потом — далекие. Радиоастрономы сразу же после отождествления самого яркого радиоисточника неба Лебедь А со слабой (16<sup>m</sup>) и далекой галактикой приступили к исследованию большой Вселенной. За 350 с лишним лет человек расширил интервал наблюдаемых в оптике звездных величин на 15<sup>m</sup>, то есть в миллион раз. Такого же результата в радиодиапазоне человек добился за последние 30 лет.

Следуя по пути классической астрономии начала века, радиоастрономы 50—60-х годов пытались извлечь информацию о строении мира из подсчетов радиоисточников. Согласно данным, полученным английскими радиоастрономами в Кембридже, число источников быстро растет с уменьшением плотности потока радиоизлучения, а количество очень слабых радиоисточников меньше, чем предсказывает статическая евклидова модель Вселенной. Вплоть до последних лет это обстоятельство однозначно интерпретировалось как прямое до-

казательство эволюционирующей Вселенной: в очень раннюю эпоху радиоисточников не было, затем они бурно образовывались, а позднее их численность опять стала уменьшаться.

Сейчас мало кто сомневается в эволюционном характере Вселенной, однако не все радиоастрономы согласны с прежней интерпретацией зависимости числа источников от плотности потока радиоизлучения. К. Келлерман (США), например, заменил предположение об избытке слабых источников предположением о недостатке сильных радиоисточников. Подобная неожиданная интерпретация созвучна обнаружению ячеистой структуры в распределении галактик. Напомним, что на трехмерных картах распределения галактик во Вселенной отчетливо видны «дыры» — пустые ячейки, на периферии которых концентрируются галактики (Земля и Вселенная, 1978, № 3, с. 62—66.— Ред.). Такая ячеистая картина мира близка к структурным особенностям, которые предсказывает теория происхождения галактик, разрабатываемая группой академика Я. Б. Зельдовича. Формированию галактик в этой теории предшествует возникновение плоских, слоистых неоднородностей вещества («блинов»), распадающихся затем на отдельные сгущения. Из них и образуются галактики (Земля и Вселенная, 1974, № 6, с. 18—22.— Ред.). Возможны и другие интерпретации зависимости числа источников от плотности потока радиоизлучения. Чтобы окончательно разрешить эту проблему, необходимы предельно глубокие обзоры неба.

Попытка подсчитать радиоисточники в далеких глубинах Вселенной была предпринята на радиотелескопе РАТАН-600 в марте — июне 1980 года. Основное препятствие для радиотелескопа РАТАН-600 в этой работе — недостаточная чувствительность приемно-измерительной аппаратуры. В Специальной астрофизической обсерватории АН СССР был создан очень чувствительный радиометр, работающий на волне 7,6 см. Были приняты меры, чтобы снизить шумовую температуру радиометра и антенны радиотелескопа. Радиометр охлаждался до темпера-



*Записи прохождения радиосточников через диаграмму радиотелескопа РАТАН-600. Вверху — запись прохождения одного из слабейших источников, входящего в известные обзоры неба на коротких волнах, внизу — запись прохождения более слабых новых источников*

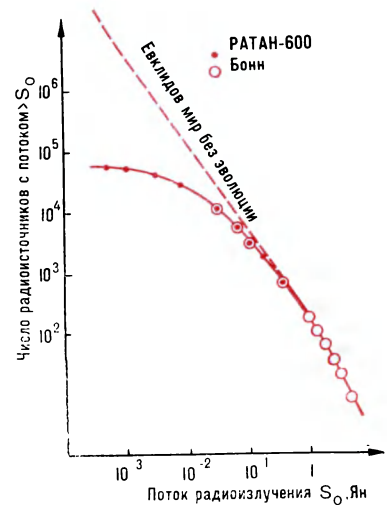
туры паров жидкого гелия. Специальный «первичный облучатель», экранящая сетка, малые алюминиевые экраны в щелях между элементами антенны уменьшили вклад теплового излучения земной поверхности в шумовую температуру на входе радиометра до 5 К (это составило 15% от шумов системы в целом). Поскольку в этом эксперименте охлаждался и радиометр, и антенна радиотелескопа, эксперимент получил название «Холод».

Склонение, на которое был направлен РАТАН-600, точно равнялось склонению SS 433, так как систематические наблюдения этого уникального галактического объекта представляют большой интерес. В течение ста дней одновременно с наблюдениями на волне 7,6 см проводились наблюде-

ния и на волнах 1,38 см, 2,08 см, 3,9 см, 8,2 см, 30 см. Данные, регистрируемые на всех длинах волн, поступали на магнитный носитель, а затем на ЭВМ М-4030. Для повышения надежности системы сбора данных была разработана схема параллельной регистрации данных на двух, а затем и на трех ЭВМ типа К-200, СМЗ, Э60. Если центральная система записи на К-200 работала в данные сутки безотказно, то дублирующая информация стиралась. В противном случае информация в центральной системе записи восстанавливалась по дублирующим записям. Таким образом удалось записать практически без потерь около миллиарда бит информации о радиоизлучении полосы неба шириной  $\pm 5'$  относительно склонения SS 433 ( $+4^{\circ}53'53''$ ) и протяженностью по прямому восхождению 24 часа. Материал, полученный в эксперименте «Холод», сейчас обрабатывается. Мы расскажем лишь о результатах предварительной обработки данных, относящихся к дискретным источникам метagalacticкого происхождения.

За сутки регистрируется около 500 радиосточников, подавляющее число которых — новые объекты неизвестной природы. Общее количество радиосточников, обнаруженных за время всего эксперимента, близко к 3000, причем практически все источники новые. Надежно регистрируются источники с плотностью потока радиоизлучения около 1 мЯн, некоторая информация получена о статистике и более слабых объектов. Наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600 доступно сейчас около 1 млн. источников.

Зависимость числа источников от плотности потока радиоизлучения в области 10—20 мЯн прекрасно согласуется с данными других предельно глубоких обзоров (в том числе и обзора на волне 6 см, проводившегося с помощью 100-метрового радиотелескопа в ФРГ). В области слабых потоков (до 1 мЯн) **рост числа источников с уменьшением плотности потока радиоизлучения практически прекращается!** Это означает, что число таких источников примерно в 300 раз меньше, чем в статической



*Зависимость числа источников от плотности потока радиоизлучения по данным наблюдений на РАТАНе-600 и 100-метровом радиотелескопе в Бонне (сплошная линия) и по теоретическим данным (пунктирная линия). Общая теория относительности предсказывает резкое уменьшение поверхностной плотности слабых радиосточников по сравнению с ожидаемой в статическом евклидовом мире даже без учета космической эволюции свойств источников. Согласно наблюдениям с релятивистской теорией расширяющейся Вселенной говорит о возможной переоценке роли космической эволюции свойств радиосточников*

евклидовой модели Вселенной. Отсюда также следует, что в этом интервале плотностей потока радиоизлучения нет других источников, которые доминировали бы над радиогалактиками и квазарами.

Косвенные оценки показывают, что большая часть новых радиосточников имеет обычный спектральный индекс (около 0,8). Если этот вывод подтвердится при обработке всего материала, то можно построить согласованную радиомодель Вселенной, не привлекая гипотезу о сильной космической эволюции радиосточников. По-видимому, в различных интервалах плотностей потока радиоизлучения мы наблюдаем совершенно разные популяции во Вселенной. На



уровне плотностей потока 30—100 Ян небо заполнено сверхновыми и мощными радиогалактиками с нормальным спектром. При значениях плотности потока 0,1—30 Ян мы видим лишь квазары и радиогалактики различной светимости, причем до 50% объектов имеют особенности в коротковолновом участке спектра (в частности, переменны). На уровне плотностей потока менее 10 МЯн практически нет квазаров и мощных радиогалактик — они «исчерпались» из-за приближения к горизонту наблюдаемой части Вселенной. Остались объекты умеренной и малой радиосветимости с нормальным спектром. Если чувствительность радиотелескопов возрастет в 3—10 раз, то удастся выявить объекты еще меньшей светимости и более близкие к нам. Повышение чувствительности в 100—1000 раз приведет к тому, что радионебо заполнится обычными звездами.

Чувствительность радиотелескопа РАТАН-600 в эксперименте «Холод» составляла около 0,5 МЯн и была до-

статочной, чтобы увидеть квазары на расстояниях, соответствующих красному смещению более 50. Есть ли квазары на таких расстояниях — предстоит еще выяснить. Трудность в том, что оптический аналог этого квазара должен быть слабее  $30^m$  и его не смогут обнаружить современные оптические телескопы. Радиоастрономия не имеет прямых методов измерения далеких красных смещений (больших расстояний). Положение осложняется тем, что стандартные критерии расстояния (угловой размер, переменность и т.п.) на больших красных смещениях не применимы. Возможно, в ближайшее десятилетие отождествить далекие радиоисточники с оптическими объектами помогут большие космические телескопы. А пока мы продолжаем уточнять спектр, структуру и положение новых радиоисточников и надеемся с помощью 6-метрового телескопа выполнить отождествление некоторых из них.

Можно ли проникнуть еще глубже, до красных смещений порядка 1000?

Мы попытались это сделать, ведя поиск мелкомасштабных флуктуаций яркости реликтового излучения, отражающего состояние Вселенной на момент рекомбинации водорода (Земля и Вселенная, 1969, № 3, с. 5—11.—Ред.). Удивительная изотропия реликтового излучения в малых масштабах до сих пор не находит объяснения. Все наши прежние попытки обнаружить следы протогалактик и протоскоплений галактик оказались неудачными. Сейчас, когда точность измерений возросла в несколько раз, мы, наконец, обнаружили, что все небо покрыто флуктуациями яркости. Но без тщательного исследования еще нельзя утверждать, что мы наблюдаем именно флуктуации реликтового излучения.

Изучение большой Вселенной на радиотелескопе РАТАН-600 только начинается. Впереди — дальнейшее повышение чувствительности радиотелескопа, расширение диапазона исследований, получение двумерных изображений предельно слабых объектов.

## НОВОЕ О SS 433

В сентябре 1979 года рентгеновский телескоп американской космической обсерватории «Эйнштейн» (HEAO-B) был направлен на удивительный объект SS 433 (Земля и Вселенная, 1980, № 4, с. 20—25.—Ред.). Удалось получить рентгеновское изображение SS 433 и связанной с ним туманности W 50 — остатка сверхновой. На изображении ясно виден точечный источник, отождествляемый с SS 433, и две струи, которые тянутся от центрального объекта в разные стороны, упираясь своими концами во внешние границы туманности W 50.

Американские и канадские ученые Ф. Сeward, Д. Гриндлей, Э. Секвист и У. Джилмор считают, что газ в туманности W 50 нагревается быстрыми частицами, которые выбрасываются из SS 433. Температура газа около миллиона градусов, а его тепловая энергия  $10^{49}$  эрг. Вещество в узких струях, истекающих из SS 433, перемещается со скоростью 80 000 км/с. Кинетическая энергия, уносимая струями, достигает  $10^{38}$  эрг/с. Если существенная часть этой энергии тратится на

разогрев окружающего газа, то за 1000 лет вещество туманности, действительно, могло нагреться до нескольких миллионов градусов.

Nature, 1980, 287, 5785.

## СКРЫТАЯ МАССА?

Уже не первый год астрофизики обсуждают возможность существования вокруг галактик слабосветящейся или даже несветящейся материи, которая составляет значительную долю массы галактик (Земля и Вселенная, 1975, № 3, с. 32—36.—Ред.). Предполагается, что галактики окружены коронами из маломассивных звезд-карликов.

Австралийские астрономы Д. Малин и Д. Картер сфотографировали на крупных телескопах несколько эллиптических галактик. На снимках были впервые зарегистрированы гигантские сферические оболочки, в которые погружены галактики. Эти оболочки, вероятно, состоят из слабых звезд. Размеры оболочек около 180 кпк — это в несколько раз больше, чем принимавшиеся ранее размеры галактик.

Д. Малин и Д. Картер считают, что протяженные звездные короны галактик — следствие «вспышки» звездообразования в межгалактической среде. Вспышка могла быть вызвана ударной волной, которая распространялась в межгалактическом газе, когда формировались галактики. Волна сжала газ, появились очаги образования звезд. Возможно и альтернативное объяснение: в короне галактик «собираются» старые немассивные звезды, давно выброшенные из галактического ядра. Сейчас нет пока критериев выбора между этими гипотезами, однако проблема скрытой массы, давно волнующая астрофизиков, видимо, начинает проясняться.

Nature, 1980, 285, 5767.





Доктор физико-математических наук  
СЛЫШ В. И.

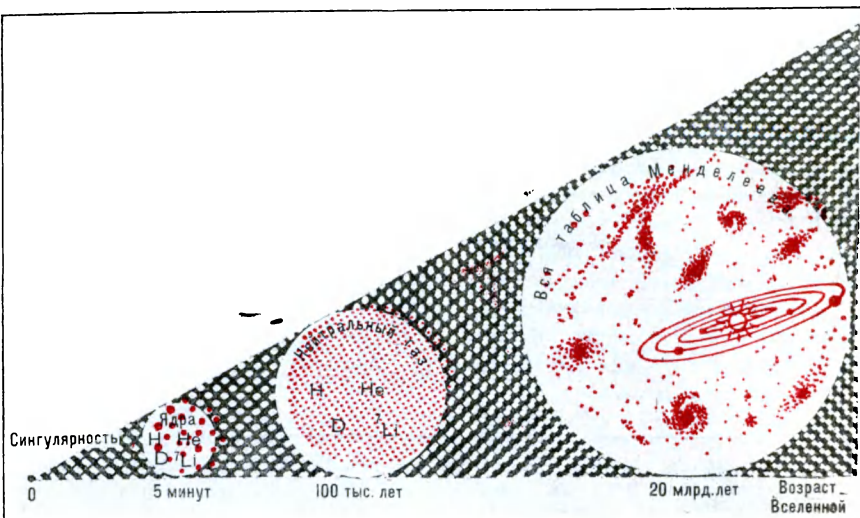
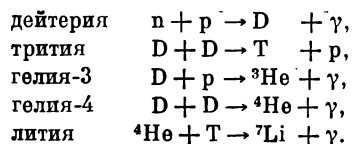
## Дейтерий во Вселенной и в межзвездных молекулах

**Дейтерий — чувствительный индикатор ядерных реакций, протекавших в далеком прошлом во Вселенной или идущих сейчас в звездах. Поэтому обнаружение и измерение количества дейтерия во Вселенной стало важнейшей задачей астрономии.**

### ПРОШЛОЕ ВСЕЛЕННОЙ

Водород — основной химический элемент Вселенной: 90% всех атомов — это атомы водорода. Гелия во Вселенной около 10%, а на долю всех остальных химических элементов — углерода, кислорода, железа, золота и т. д. (включая их изотопы) приходится менее 0,1% общего числа атомов.

20 млрд. лет назад во Вселенной не было никаких химических элементов. Все началось с «Большого взрыва», в результате которого Вселенная из состояния бесконечной плотности и температуры — сингулярности — перешла к быстрому расширению. В первые секунды она была заполнена фотонами очень высокой энергии с небольшой примесью элементарных частиц. Фотонный газ, быстро остывая, достиг такой температуры, когда появились протоны (p) и нейтроны (n). Соединившись, они образовали ядра:



### Изменение химического состава расширяющейся Вселенной

Добавляя к получившимся ядрам протоны или нейтроны, в принципе можно получить всю таблицу химических элементов Менделеева. Таким способом С. Чандрасекар и Л. Генрих в 1942 году пытались объяснить происхождение химических элементов. Однако Г. А. Гамов уже в 1948 году показал, что в расширяющейся Вселенной этот процесс быстро закончился. Уже через пять минут после «Большого взрыва» все ядерные реакции должны были прекратиться, поскольку из-за расширения сильно уменьшились плотность вещества и его температура. За эти пять минут успело сформироваться около 10% ядер гелия. Из элементов тяжелее гелия возникло только небольшое количество ( $10^{-8}\%$ ) изотопа литий-7. Элементы легче гелия-4 — тяжелые

изотопы водорода дейтерий и тритий, а также гелий-3 — промежуточные продукты реакций, ведущих к образованию гелия-4, поэтому после окончания реакций промежуточных продуктов осталось мало. Тритий весь распался, так как он радиоактивен, а точное количество дейтерия и гелия-3 зависит от значений плотности и температуры вещества в момент окончания ядерных реакций.

Итак, всего пять минут понадобилось, чтобы образовался водород, дейтерий, гелий-3, гелий-4 и литий-7 примерно в тех количествах, в которых они находятся и сейчас в Галактике и Солнечной системе. Но еще не было ни кислорода, ни азота, ни углерода, ни металлов, ни звезд, ни Земли и планет. Земли и не могло быть, так как ее не из чего было «делать», ведь она состоит не из водорода и гелия, а из тяжелых элементов — кремния, кислорода, железа и

т. д. До появления Солнечной системы пройдет еще долгих 15 млрд. лет.

А тем временем молодая Вселенная продолжала энергично расширяться. Кроме образования легких элементов в первый день «творения» ничего знаменательного не произошло. Как, впрочем, и в остальные пять дней из шести, потребовавшихся для сотворения мира, согласно библейской легенде. В результате расширения температура и плотность Вселенной уменьшились. Все вещество при этом оставалось раскаленной ионизированной плазмой, равномерно распределенной по всему пространству. Трудно представить более однообразную картину мира. Наконец, через 100 тыс. лет Вселенная охладилась до 3000 К, и электроны начали соединяться с ядрами, образуя атомы. Вещество стало нейтральным. Оно распалось на громадные сгустки газа, внутри которых появились еще более плотные сгустки. Плотность и температура вещества внутри сжимающихся под действием собственной гравитации сгустков снова быстро нарастала. Когда температура достигла  $10^7$  К, начались термоядерные реакции синтеза гелия из водорода с выделением большого количества энергии, поэтому дальнейшее сжатие сгустков прекратилось. Так появились первые звезды.

Самые массивные звезды эволюционировали очень быстро. Меньше чем за миллионы лет весь водород во внутренней части звезды сгорел, превратившись в гелий, затем еще быстрее сгорел гелий, образовались углерод и кислород, а из них — еще более тяжелые химические элементы. Наконец, когда источники энергии внутри звезды полностью исчерпались, звезда взорвалась как сверхновая, сбросив оболочку и часть ядра в окружающее пространство. Выброшенное при взрыве сверхновой вещество содержало уже почти все химические элементы таблицы Менделеева. Оно рассеялось в межзвездном пространстве, смешавшись с первичным газом, который состоял только из легких элементов.

Следовательно, химические элементы образовались в два этапа: легкие элементы от водорода до ли-

тия-7 возникли в первые пять минут после начала расширения Вселенной, а более тяжелые элементы — значительно позднее в недрах звезд. Звезды — это котлы, в которых из водорода и гелия «варятся» углерод, кислород, азот, железо и т. д. Со временем межзвездный газ сконденсировался в новые сгустки, из них сформировались звезды следующего поколения. Эти звезды в конце своей эволюции выбросили в межзвездную среду новые порции тяжелых элементов. Так постепенно накапливались тяжелые элементы в Галактике.

Наконец, через 15 млрд. лет один из таких сгустков превратился в Солнце с системой планет. Из-за малой массы Солнце не принадлежит к числу быстро эволюционирующих звезд. Оно сравнительно спокойно существует уже 5 млрд. лет, израсходовав меньше половины своего ядерного горючего — водорода. За это время на Земле сформировались океаны и материки, возникла органическая жизнь и появился человек. Таков в общих чертах сценарий «творения» мира, предлагаемый современной наукой. Именно «сценарий» — этот термин, заимствованный из кинематографа, в последнее время прочно вошел в язык астрофизики для обозначения конгломерата разрозненных фактов, теорий и гипотез, объединенных с целью описания какого-либо явления. Изложенный выше сценарий описывает прошлое — историю возникновения и эволюции Вселенной. А каково ее будущее?

#### СЦЕНАРИЙ БУДУЩЕГО ВСЕЛЕННОЙ

Дальнейшая эволюция Земли, планет и Солнца ясна. Через 5—10 млрд. лет Солнце исчерпает запасы ядерного горючего и превратится в красного гиганта, захватив в себя и Землю, а затем станет мертвой звездой — белым карликом. На этом закончится история Солнца и Солнечной системы, Земли и жизни на ней, история земной цивилизации. В масштабах Галактики, а тем более в масштабах Вселенной это событие не будет иметь большого значения: в Галактике каждый год погибает одна

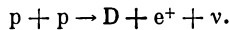
звезда, а во Вселенной звезды рождаются и погибают сотнями каждую секунду.

Дальнейшую эволюцию Вселенной в целом, которая в настоящий момент расширяется, предсказать труднее. Будет ли это расширение вечным и звезды сожгут все ядерное горючее, превратившись в мертвые звезды либо в черные дыры? Или расширение остановится и сменится сжатием, в конце которого разрушится все, что было создано во время эволюции, — галактики, звезды, планеты, химические элементы? Можно предсказать, какая из этих возможностей (сценариев!) реализуется в будущем, если знать среднюю плотность вещества во Вселенной в какой-либо момент времени. Если эта плотность меньше определенной величины, называемой критической, расширение Вселенной никогда не остановится. При плотности, превышающей критическую, собственная гравитация вещества будет тормозить расширение Вселенной до тех пор, пока оно не прекратится и не сменится сжатием. Скорость сжатия будет постепенно нарастать, а плотность вещества неограниченно увеличиваться.

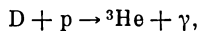
Средняя плотность вещества в настоящее время не менее 1% критической. Это — вещество звезд, которые мы видим в телескоп в галактиках. Другие оценки дают верхний предел средней плотности, который превышает критическую не больше чем в 2—3 раза. Таким образом, не исключается ни один из вариантов будущей эволюции — неограниченное расширение и расширение с последующим сжатием. Такая неопределенность в оценках средней плотности объясняется тем, что значительная часть вещества может существовать во Вселенной в формах, недоступных для наблюдений с помощью современных телескопов («скрытая масса»). Конечно, с развитием техники наблюдений среднюю плотность вещества Вселенной будут определять гораздо точнее. А пока ее оценивают по количеству дейтерия во Вселенной.

Ядро дейтерия (дейтрон) примерно в 2 раза тяжелее ядра атома водорода (протона). По своим свойствам

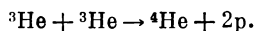
дейтерий очень похож на водород, а в природе встречается в основном в тяжелой воде. Дейтрон состоит из протона и нейтрона и может образоваться в результате объединения протона и нейтрона (эта реакция идет в горячей Вселенной) либо из двух протонов:



Реакция объединения протонов, в ходе которой возникают также позитрон ( $e^+$ ) и нейтрино ( $\nu$ ), — один из источников энергии Солнца и звезд. В недрах Солнца к дейтерию присоединяется еще один протон

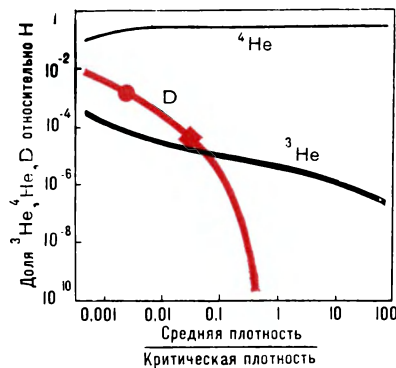


образуя изотоп гелий-3, который, в свою очередь, превращается в гелий



Эти реакции называются водородным циклом. Дейтерий в нем играет роль промежуточного продукта. Он с чрезвычайной легкостью вступает в реакции: в недрах Солнца любой дейтрон уже через пять секунд превращается в гелий-3, который «живет» около миллиона лет. Можно считать, что в условиях, существующих в Солнце и звездах, весь дейтерий мгновенно сгорает. Поэтому в звездах он теряется безвозвратно.

Дейтерий, имеющийся во Вселенной, образовался во время «Большого взрыва». Поскольку в ходе дальнейшей эволюции он мог только расходоваться в звездах, современное количество дейтерия не должно быть больше, чем количество первичного дейтерия. Правда, в атмосферах некоторых звезд или в ударных волнах может возникать дейтерий, но в ничтожно малых количествах. Содержание первичного дейтерия зависело от температуры и плотности вещества в то время, когда возраст Вселенной равнялся пяти минутам. Если температура и количество дейтерия известны, то можно определить плотность вещества в тот момент, а затем рассчитать и среднюю плотность вещества в современную эпоху. Оказывается, что при малой плотности (порядка 1/1000 критической) на дейтерий приходится около 1% массы всего вещества, а при кри-



*Зависимость доли дейтерия и изотопов гелия от средней плотности вещества во Вселенной. Кружок соответствует доле дейтерия 20 млрд. лет назад, квадрат — в настоящее время. В отличие от изотопов гелия, количество дейтерия сильно меняется с изменением средней плотности вещества Вселенной*

тической плотности масса дейтерия меньше одной десятиллиардной общей массы. Это позволяет по измеренному количеству дейтерия довольно точно определить среднюю плотность Вселенной и, следовательно, закон ее расширения. Если дейтерия во Вселенной много, средняя плотность мала и Вселенная будет расширяться вечно, если же дейтерия практически нет, то следует ожидать смены расширения Вселенной ее сжатием. Задача сводится к измерению относительного количества дейтерия, то есть к определению изотопного состава водорода в свободном виде или входящего в химическое соединение.

## ОБИЛИЕ ДЕЙТЕРИЯ

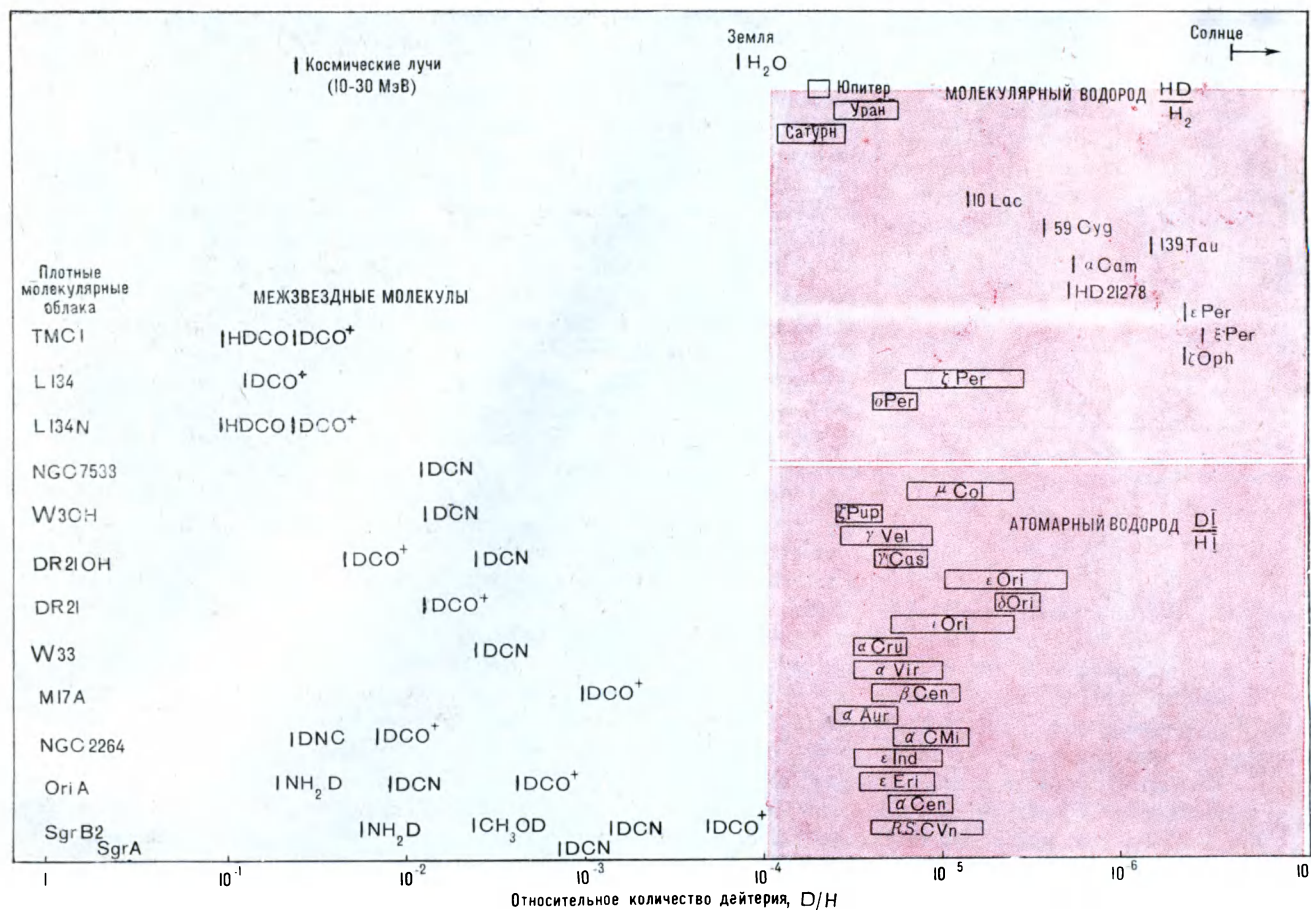
Дейтерий пока наблюдают только в нашей Галактике. Основной метод наблюдения спектральный, в котором сравниваются интенсивности линий дейтерия и водорода. Каковы же результаты определения различными методами отношения числа атомов

дейтерия и водорода? На Солнце и других звездах дейтерий не обнаружен. Этого следовало ожидать, поскольку дейтерий мгновенно сгорает в звездах. Зато на Земле в составе воды дейтерия довольно много: в одной тонне морской воды содержится 17 г дейтерия. В космических лучах дейтерия в 100 раз больше, а в атмосферах планет-гигантов (Юпитер, Сатурн, Уран) приблизительно в 3 раза меньше, чем на Земле.

В межзвездной среде в разреженных облаках небольшой плотности измеряется интенсивность линий поглощения атомов водорода и дейтерия в спектре сравнительно близких звезд. Несмотря на некоторый разброс данных, можно с уверенностью сказать, что в межзвездном газе один атом дейтерия приходится в среднем на 50 000 атомов водорода. Это в 10 раз меньше, чем на Земле, но только в 2,5 раза меньше, чем на планетах-гигантах.

В межзвездной среде помимо атомарного газа есть еще и молекулярный газ, и самый распространенный — молекулярный водород  $\text{H}_2$ . Если один из атомов молекулярного водорода заменить на дейтерий, получится дейтерированная молекула HD. В спектрах одних звезд, например о Персея, относительное количество дейтерированных молекул HD такое же, как и атомарного дейтерия, в спектрах других звезд их в десятки раз меньше. Причина таких больших различий заключается в том, что дейтерированные молекулы HD легче разрушаются ультрафиолетовым излучением звезд, чем молекулы  $\text{H}_2$ . С учетом этого обстоятельства можно считать, что в молекулярном водороде дейтерия столько же, сколько и в атомарном, то есть одна дейтерированная молекула HD приходится на 50 000 молекул  $\text{H}_2$ .

В межзвездной среде встречаются очень плотные облака холодного газа с большим количеством пыли. В них практически все вещество находится в форме молекул, и потому облака называют молекулярными. Предполагается, что именно в этих облаках рождаются звезды. Методами радиоастрономии в молекулярных облаках обнаружен большой на-



Относительное количество дейтерия в плотных молекулярных облаках в составе молекул (слева), в молекулярном и атомарном водороде по данным измерения спектра поглощения звезд (справа), в атмосферных планет-гигантов, в земной воде (вверху). Стрелкой показан верхний предел количества дейтерия в атмосфере Солнца. Отрезок вертикальной линии около химической формулы молекул и обозначения некоторых звезд соответствуют относительному количеству дейтерия, горизонтальный размер прямоугольников, в которые заключены названия звезд и планет-гигантов,— ошибки измерений

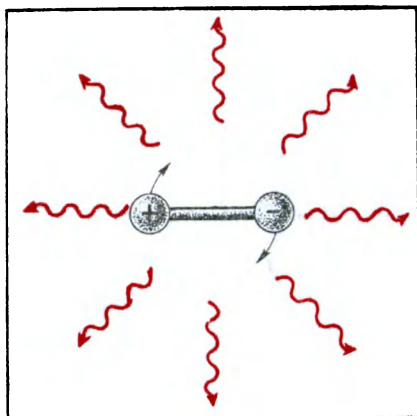
бор молекул, начиная от простейших OH, CH, CO и кончая сложными органическими молекулами — муравьиной кислотой, цианоацетиленом, эти-

ловым спиртом и т. д.— всего более 50 разновидностей. Если молекула содержит один или несколько атомов водорода, он может быть заменен атомом дейтерия, например, у метилового спирта  $CH_3OH$  есть и дейтерированная форма  $CH_3OD$ . Дейтерированные разновидности молекул также обнаружены в молекулярных облаках. Если определить количество дейтерия по таким молекулам, получится поразительный результат: в некоторых молекулярных облаках в составе дейтерированных молекул дейтерия в несколько тысяч раз больше, чем в межзвездном водороде.

По молекулярным данным, дейтерия довольно много. Нас интересует, сколько дейтерия было произведено во время «большого взрыва», поэтому необходимо разобраться, какие эффекты могли изменить количество дейтерия.

## МЕЖЗВЕЗДНЫЕ МОЛЕКУЛЫ

Изотопный состав межзвездных молекул исследуют радиоастрономы. Они изучают главным образом вращательные спектры молекул. Наглядно молекулы часто изображают в виде маленькой гантели, один шарик которой заряжен положительно, другой — отрицательно. В межзвездной среде все молекулы и атомы движутся независимо, изредка сталкиваясь между собой. После каждого столкновения частицы разлетаются в разные стороны, при этом гантельки закручиваются вокруг своей поперечной оси. Чем выше температура газа, тем быстрее движутся частицы и тем чаще они сталкиваются между собой, а гантельки вращаются быстрее. Вращающаяся гантелька с зарядами на концах, подобно маленькому радиопередатчику, излучает радиоволны с частотой, равной скорости вра-



*Излучающая радиоволны молекула-антенна*

щения. Радиотелескоп улавливает суммарное излучение всех молекул-антенн, попадающих в его луч.

Молекулы одного сорта имеют строго одинаковую скорость вращения и излучают радиоволны на одной и той же частоте, образуя спектральную радиолинию. Молекулы другого сорта излучают на другой частоте, поэтому их можно исследовать раздельно. Более того, если в какой-либо молекуле заменить атом на его изотоп, имеющий другую массу, скорость вращения изменится, и радиолиния сместится по частоте. Для изотопов различие частот излучения довольно мало, но все же оно может быть обнаружено современными радиотелескопами.

Рассмотрим, например, молекулу циановодорода HCN. Ее излучение приходится на частоту 89 ГГц (гигагерц равен миллиарду герц). Если атом углерода с атомным весом 12 заменить на его более тяжелый изотоп с атомным весом 13, частота излучения понизится до 86 ГГц. Замена атома водорода с атомным весом 1 на атом дейтерия с атомным весом 2 понижает частоту гораздо сильнее — до 72 ГГц. Радиоизлучение молекулы HCN и ее разновидностей, содержащих изотопы водорода, углерода или азота, зарегистрировано в ряде областей Галактики (например, в молекулярном облаке вблизи Большой туманности Ориона), хотя изо-

топы встречаются в сотни и тысячи раз реже, чем основные атомы химических элементов.

С помощью радиотелескопов можно измерять количество изотопов химических элементов, входящих в состав межзвездных молекул. На сегодняшний день в космосе обнаружены молекулы, построенные из атомов шести химических элементов — водорода, углерода, кислорода, азота, кремния и серы и всех стабильных изотопов этих элементов (за исключением серы-36). Оказалось, что доля каждого изотопа относительно основного элемента — его распространенность в межзвездной среде — примерно такая же, как и на Земле. И только дейтерия в составе всех исследованных молекул гораздо больше, чем должно быть, исходя из его распространенности.

Напомним, что относительное количество дейтерия служит отражением процессов, происходивших во время «большого взрыва», и зависит от того, какова была тогда и стала сейчас средняя плотность Вселенной. Если верить данным о количестве дейтерия, полученным по атомным спектрам (один атом дейтерия на 50 000 атомов водорода), то сейчас средняя плотность Вселенной должна быть в 50 раз меньше критической. Если же, как следует из наблюдений молекул, один атом дейтерия приходится только на 10—1000 атомов водорода, то средняя плотность Вселенной должна быть в 1000 раз меньше критической и в 20 раз меньше реально наблюдаемой плотности вещества, содержащегося в звездах галактик. Этот абсурдный вывод ставит под сомнение одно из следующих допущений:

1. Количество дейтерия в молекулах соответствует его распространенности во Вселенной;

2. Сценарий «творения» мира правильно описывает эволюцию Вселенной;

3. Оценка средней плотности вещества в галактиках правильна.

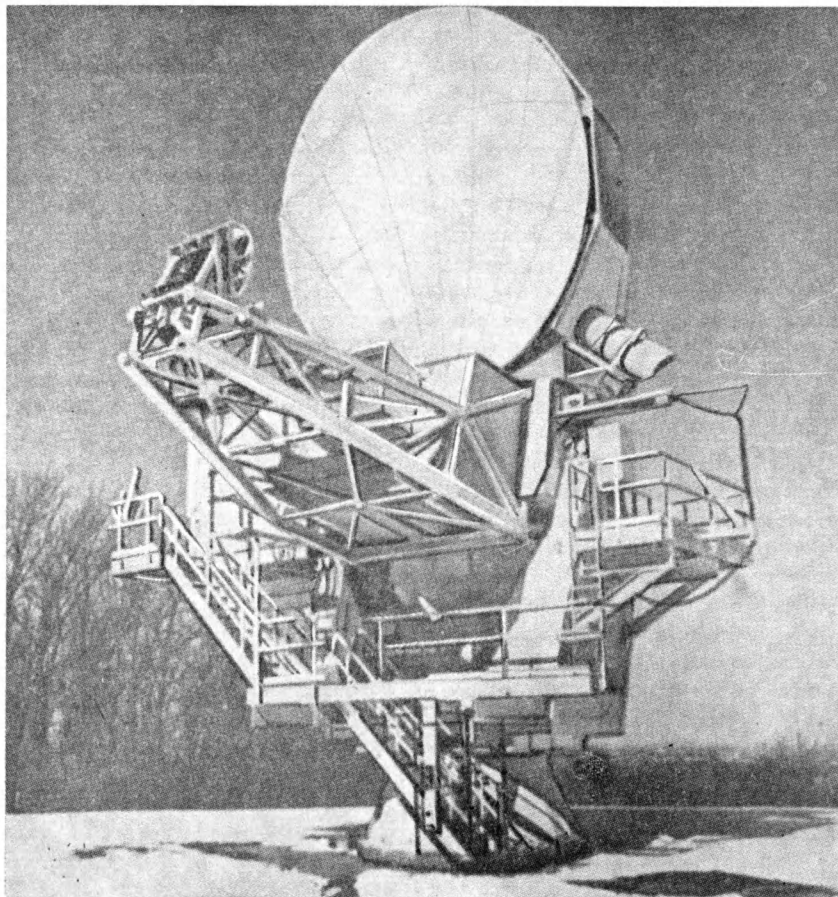
## МЕЖЗВЕЗДНАЯ ХИМИЯ

Наиболее вероятно, что неверно первое допущение, то есть количест-

во дейтерия в молекулах не соответствует его распространенности во Вселенной. Хотя в процессе эволюции этот изотоп водорода безвозвратно исчезает, сгорая в недрах звезд, оставшийся дейтерий во время образования молекул межзвездной среды может иметь преимущество перед водородом. Это явление давно известно геохимикам и состоит в том, что более тяжелые изотопы охотнее входят в состав химических соединений, чем легкие. В результате происходит обогащение одними изотопами и обеднение другими, или, как говорят, фракционирование. Например, повышенное содержание углерода-13 в углекислом газе, выделяющемся из недр Земли, или в алмазах, кислорода-18 — в кварцах и т. д. Процессы фракционирования весьма чувствительны к температуре, при которой происходят химические реакции. Необходимо подчеркнуть, что фракционирование не меняет общего соотношения между изотопами, а только перераспределяет их между различными химическими соединениями. Отношение изотопов может быть изменено лишь в ходе ядерных реакций, которые требуют совсем других физических условий.

Для того чтобы понять, как происходит фракционирование дейтерия в межзвездных молекулах, необходимо вникнуть в то, как образуются эти молекулы.

В межзвездной среде вещество находится в виде газа, температура которого чрезвычайно низка, 10—20 К. В таких условиях практически все химические реакции заторможены. В самом деле, чтобы между двумя атомами или молекулами произошла химическая реакция, то есть образовалась новая молекула, исходные частицы должны сблизиться на расстояние около 1 А ( $10^{-8}$  см) и обменяться атомами или группами атомов. Чтобы сблизиться на такое расстояние, частицы должны преодолеть довольно значительное взаимное отталкивание. Это возможно, если до сближения они двигались навстречу друг другу с большой скоростью, как бывает при высокой температуре. Если же температура низкая, скорость движения частиц недостаточна для прео-

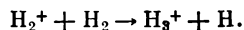


*Радиотелескоп миллиметрового диапазона диаметром 7 м Лаборатории Белл (США). На этом радиотелескопе исследуется изотопный состав межзвездных молекул*

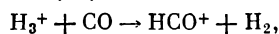
доления отталкивания и они расходятся такими же, какими были до столкновения.

В межзвездной среде химические реакции происходят между нейтральной частицей и положительным ионом. Между ними нет взаимного отталкивания, поэтому частицы могут сближаться даже при очень низких температурах. Такие химические реакции получили название ионно-молекулярных (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 7—13.—Ред.). В облаке межзвездного газа, состоящем в основ-

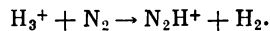
ном из молекул водорода  $H_2$ , под действием космических лучей возникают положительные ионы молекулярного водорода  $H_2^+$ , которые довольно быстро превращаются в ионы молекулы водорода, состоящей из трех атомов:



Ионы молекулярного водорода  $H_3^+$  — исходный материал для постройки многих межзвездных молекул. Например, ион формула  $HCO^+$  образуется из угарного газа  $CO$ :

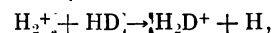


а ион диазенила  $N_2H^+$  — из азота:

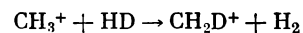


Радиолинии обоих ионов были впервые найдены в межзвездной среде, что послужило блестящим подтверждением основной роли ионно-молекулярных реакций в межзвездной химии.

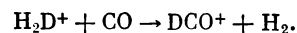
Атомы дейтерия по химическим свойствам тождественны атомам водорода, поэтому они есть и в молекулах, содержащих водород, в частности, в молекулярном водороде  $HD$ . Отношение  $HD/H_2$  должно быть таким же, как исходное отношение  $D/H$ , что, в общем, подтверждается результатами измерений. Как уже отмечалось, меньшие значения  $HD/H_2$  обусловлены более легким разрушением ультрафиолетовым светом дейтерированного водорода, чем молекулярного. В плотных облаках ультрафиолетового излучения нет и  $HD$  не разрушается. В холодных облаках ионы молекулярного водорода чаще вступают в реакцию с  $HD$ :



чем с  $H_2$ . Замена легкого атома водорода в молекуле на более тяжелый атом дейтерия уменьшает скорость колебаний атома, а следовательно, и полную энергию, необходимую для образования молекулы. Такая особенность этой и подобной ей реакции



обеспечивает процесс фракционирования дейтерия в холодных межзвездных облаках. Благодаря большей скорости реакции  $H_2^+ + HD \rightarrow H_2D^+ + H$ , чем реакции  $H_2^+ + H_2 \rightarrow H_3^+ + H$ , дейтерий постепенно «перекачивается» из  $HD$  в  $H_2D^+$ . Расчеты показывают, что в плотных холодных облаках отношения  $H_2D^+/H_3^+$  и  $CH_2D^+/CH_3^+$  в тысячи раз превосходят отношение  $HD/H_2$ . К сожалению, ионы  $H_3^+$  и  $CH_3^+$  пока недоступны для наблюдений и прямых подтверждений механизма дейтерирования ионов  $H_3^+$  и  $CH_3^+$  нет. Зато имеется много данных о других дейтерированных молекулах ( $HDCO$ ,  $DCO^+$ ,  $DCN$ ,  $NH_2D$ ,  $CH_3OD$ ), согласно которым отношение числа дейтерированных молекул к обычным в 10—5000 раз превышает отношение  $D/H$ . Теория ионно-молекулярных реакций объясняет такое увеличение тем, что дейтерий концентрируется в исходные молекулярные ионы  $H_3^+$  и  $CH_3^+$ , из которых образуются все остальные молекулы. Так, дейтерированный ион формула возникает в ходе реакции



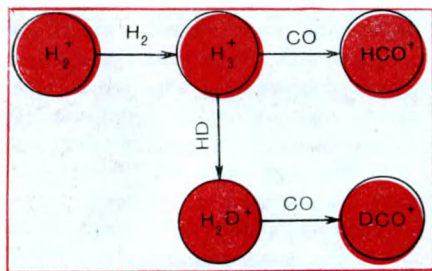


Схема ионно-молекулярных реакций образования молекулы  $\text{HCO}^+$  и ее дейтерирования

Дальнейшие химические реакции с молекулярным водородом или другими молекулами и ионами позволяют получить все наблюдаемые молекулы, причем дейтерированная их часть будет усилена в соответствии с повышением концентрации дейтерия в исходных веществах.

Ионно-молекулярная теория образования молекул и фракционирования дейтерия объясняет причины значительного обогащения дейтерием многих межзвездных молекул. Тем самым становится очевидным, что измерения межзвездных молекул не могут предоставить надежные оценки истинного количества дейтерия в межзвездной среде. Наиболее достоверны результаты измерения отношения  $\text{D}/\text{H}$ , полученные по линиям поглощения атомарного водорода. Заслуживают доверия также измерения  $\text{HD}/\text{H}_2$  в атмосферах планет-гигантов. Оценки доли дейтерия в тяжелой воде на Земле могли быть искажены фракционированием. И наконец, количество дейтерия в космических лучах, по-видимому, не может служить мерой общего количества дейтерия, так как состав космических лучей изменяется при их распространении в межзвездной среде.

#### УТОЧНЕННЫЙ СЦЕНАРИЙ БУДУЩЕГО

Итак, мы знаем, что в настоящую эпоху в межзвездной среде один атом дейтерия приходится на каждые 50 000 атомов водорода. В звездах дейтерия нет, так как там он быстро сгорает. В атмосферах планет-

гигантов дейтерия в 2—3 раза больше. Но Солнечная система образовалась 5 млрд. лет назад из межзвездной среды, значит, тогда и в межзвездной среде дейтерия было в 2—3 раза больше, чем сейчас. Куда же исчезла часть дейтерия? Она сгорела в звездах, которые родились за эти 5 млрд. лет. Если и раньше каждые 5 млрд. лет количество дейтерия в межзвездной среде в результате звездообразования уменьшалось в среднем в 2,5 раза, легко подсчитать, что 20 млрд. лет назад дейтерия было в  $2,5^4 = 39$  раз больше, чем сейчас. Другими словами, на самой ранней стадии расширения Вселенной один атом дейтерия приходился на 1300 атомов водорода. Согласно теории «Большого взрыва», это могло быть, если средняя плотность Вселенной примерно в 300 раз меньше критической. Средняя плотность вещества в наблюдаемых галактиках, как указывалось выше, только в 100 раз меньше критической. Учитывая возможные ошибки, можно считать совпадающими в первом приближении среднюю плотность вещества Вселенной, определенную по количеству дейтерия, и реально наблюдаемую в галактиках плотность вещества. Это означает, что никакого другого вещества (черные дыры, невидимые звезды и другие виды «скрытой массы»), кроме наблюдаемого в телескопы, во Вселенной нет в значительных количествах. Столь низкая средняя плотность Вселенной позволяет сделать более определенный прогноз на будущее.

Нынешнее расширение Вселенной будет продолжаться бесконечно. Возникнут новые звезды и планетные системы. Посветив положенный срок, звезды погибнут, возвратив в межзвездную среду вещество, более бедное горючим материалом (водородом). Следующему поколению звезд придется использовать менее выгодное горючее — гелий, углерод и кислород, вследствие чего они будут светить меньше времени (но и ярче!). Этот период золотой осени (или, скорее, бабьего лета) в жизни Вселенной сменится бесконечно длинной суровой зимой, когда останутся одни остывшие белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры. Прекратится

рождение новых звезд, старые потухнут и наша Вселенная постепенно угаснет. Нам с вами, дорогие читатели, да и нашим очень далеким потомкам, не удастся этого увидеть, так как мы живем в эпоху, которую можно назвать концом весны или началом лета в жизни Вселенной. И все-таки интересно знать, насколько точен космологический прогноз? Ответ на этот вопрос зависит от решения многих сложных проблем.

Прежде всего, теория «Большого взрыва» нуждается в существенной доработке. В нее необходимо включить новые достижения в области элементарных частиц и единой теории электромагнитных и слабых взаимодействий, а также будущей единой теории, учитывающей сильные взаимодействия и гравитацию. Трудно сказать, к чему это приведет. Недостаточно ясен и вопрос о возникновении галактик и их скоплений из первичного вещества. В частности, железо, недавно обнаруженное в межгалактическом газе, не может быть первичного происхождения. Ведь мы знаем, что железо образуется только в недрах звезд. Значит, межгалактический газ скоплений успел побывать в звездах и его нельзя считать тем первичным газом, из которого формировались галактики. Первичный газ не удалось зарегистрировать, так что пока нет наблюдательных подтверждений теории образования галактик. Загадкой остаются и квазары, химический состав которых такой же, как и нашей Галактики, хотя далекие квазары значительно моложе. Что касается звезд и их эволюции, здесь больше ясности, однако имеются и нерешенные проблемы, например проблема нейтринного излучения Солнца (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 10—13.—Ред.). Повышенное содержание дейтерия в межзвездных молекулах объясняется гипотезой ионно-молекулярных реакций, но прямых наблюдений, подтверждающих эту гипотезу, еще нет. Мы не должны забывать о том, что нередко новые данные не только уточняют уже сложившуюся картину, но и заставляют полностью ее менять...



## ЛЕБЕДЬ X-1 — ЧЕРНАЯ ДЫРА?

Группа астрономов из Калифорнийского университета (США) предприняла еще одну попытку обнаружить в спектре звезды HDE 226868 излучение второго оптического компонента. Напомним, что рядом с этой спектрально-двойной звездой находится известный рентгеновский источник Лебедь X-1. HDE 226868 — сверхгигант спектрального класса O9. Движение линий в ее спектре указывает на то, что вокруг звезды с периодом 5,6 дня вращается второй компонент, масса которого около 14 солнечных. С ним, по-видимому, и связано рентгеновское излучение. Поскольку ни белый карлик, ни нейтронная звезда не могут иметь столь большую массу, многие астрофизики считают, что вокруг звезды HDE 226868 обращается черная дыра, а рентгеновское излучение возникает в горячем газе, падающем с оптической звезды на черную дыру и нагреваемом при этом до нескольких миллионов градусов.

Черная дыра — объект, предсказанный теорией, и прежде чем признать реальность ее существования, необходимо проверить все другие возможности. Поэтому предлагались модели двойной системы, в которой вторым компонентом была обычная звезда, а рентгеновское излучение возникало на маленьком участке ее поверхности (это нужно для того, чтобы объяснить быструю переменность рентгеновского излучения). Разработаны и более сложные модели тройной системы: вокруг главной звезды HDE 226868 вращается обычная звезда массой около 12 солнечных и нейтронная звезда массой 2—3 солнечных — источник рентгеновского излучения. Согласно любой из этих моделей, в системе должен присутствовать второй оптический компонент, поисками которого и занялись астрономы Калифорнийского университета. Наблюдения проводились с помощью электронной спектральной аппаратуры, установленной в фокусе куде 3-метрового рефлектора Ликской обсерватории. Излучение второй звезды не удалось обнаружить.

Анализ чувствительности аппаратуры показал, что если и существует второй оптический компонент, его светимость по крайней мере на 4 звездных величины (примерно в 40 раз) меньше светимости главной звезды. Следовательно, масса второго оптического компонента меньше 9 солнечных, что не соответствует ни одной модели системы HDE 226868 — Лебедь X-1, стремящейся



объяснить рентгеновское излучение без привлечения черной дыры. Таким образом, астрофизики получили новый аргумент в пользу того, что в звездной системе HDE 226868 — Лебедь X-1, может быть, находится черная дыра.

*Astrophysical Journal*, 1980, 240, 2.

## НЕОБЫЧНЫЙ ОСТАТОК СВЕРХНОВОЙ

Газовые туманности — остатки вспышек сверхновых — разделяются на оболочечные (например, Петля в созвездии Лебеда) и плерионы, где излучает весь объем туманности (Крабовидная туманность). Однако морфология остатков сверхновых сложнее такой простой классификации.

Р. Стром, П. Андерхофер и Т. Велусами (ФРГ) исследовали радиоизлучение остатка сверхновой СТВ 80 (источник № 80 в Каталоге обзора радиоисточников Калифорнийского технологического института) в созвездии Лебеда. В центре остатка они обнаружили яркий компактный радиоисточник, окруженный туманностью. Спектр радиоисточника, сильная поляризация его радиоизлучения, а также туманность, которая наблюдается и в радио- и в оптическом диапазонах, характерны для плерионов. Но в остатке сверхновой СТВ 80 видна и оболочка, что уже не свойственно плерионам. Ученые считают, что остаток очень молод — вспышка сверхновой произошла всего несколько сот лет назад.

Близость туманности к известному рентгеновскому источнику Лебедь X-1 позволила выдвинуть гипотезу, согласно которой радиотуманность и рентгеновская система — результат одного взрыва, датируемого 1408 годом. Время вспышки сверхновой определено по запи-

сям в китайских хрониках, где эта вспышка упомянута. Удивительно, что вспышка 1408 года, которая должна была быть очень яркой (на расстоянии 3 кпк яркость этой сверхновой в максимуме достигала  $-4^m$ !), не отмечена ни в одной из европейских хроник и летописей.

*Nature*, 1980, 284, 575f.

## САМАЯ ДАЛЕКАЯ СВЕРХНОВАЯ

В августе 1978 года английский астроном М. Хокинз обнаружил вспышку сверхновой в далекой галактике. Галактика эта настолько слабая (ее звездная величина в голубых лучах  $22,2^m$ ), что не удалось даже получить ее спектр и измерить красное смещение. Разумеется, и спектр вспыхнувшей сверхновой остался неизвестным. Была исследована лишь часть кривой блеска от дня максимума на протяжении 17 суток. Сверхновая в максимуме не уступала в блеске всей галактике, а 17 дней спустя блеск звезды упал до  $24,5^m$ . После этого сверхновая уже не наблюдалась.

По кривой блеска М. Хокинзу не удалось определить, к какому типу (I или II) относится вспышка сверхновой. Судя по фотографии, галактика, где произошла вспышка, эллиптическая. Поэтому М. Хокинз отнес вспышку к I типу (в эллиптических галактиках пока не зарегистрировано ни одной вспышки сверхновой II типа). Если предположение М. Хокинза верно, то появляется возможность оценить расстояние до галактики. Известно, что в максимуме блеска сверхновые I типа имеют абсолютную звездную величину  $-19,5^m$ . По разности видимой и абсолютной звездных величин М. Хокинз нашел, что эта галактика находится на расстоянии, которому соответствует красное смещение 0,6. Это — самая далекая галактика, в которой удалось обнаружить вспышку сверхновой! М. Хокинз зарегистрировал вспышку, происшедшую более 5 млрд. лет назад. Столько времени понадобилось свету, чтобы достичь Земли.

*Nature*, 1980, 286, 577d.

# Проблемы гамма-астрономии



Гамма-астрономия делает первые шаги. Ее успехи пока не столь впечатляющи, как, например, рентгеновской астрономии, но уже есть ряд немаловажных результатов. О них, а также о природе космического гамма-излучения, методах его регистрации и последних наблюдениях рассказывается в публикуемых ниже статьях.

Кандидат  
физико-математических наук  
МЕЛИОРАНСКИЙ А. С.  
ЯМБУРЕНКО Н. С.

## Гамма-спектроскопия

**Спектры гамма-источников характеризуют химический и изотопный состав излучающих объектов, гравитационные поля вблизи них, состояние межзвездной и межпланетной среды. Спектрометры гамма-излучения помогают получать эту информацию.**

Гамма-квантами принято называть кванты электромагнитного излучения с энергией выше 0,1 МэВ (Земля и Вселенная, 1973, № 1, с. 6—11.— Ред.). Границей между рентгеновским и гамма-излучением условно считают 0,1 МэВ. Иногда в качестве границы принимается энергия покоя электрона 511 кэВ.

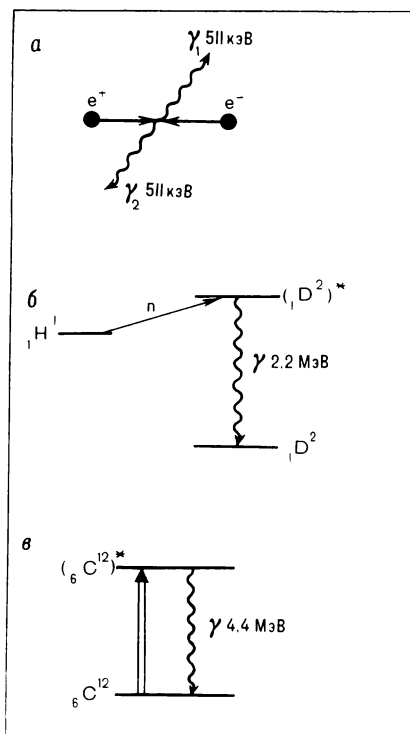
Исследования космического гамма-излучения играют важную роль в астрофизике потому, что оно несет информацию о процессах, происходящих в самых различных космических объектах — звездах, звездных системах, в межзвездной и межгалактической среде. Результаты наблюдений в гамма-области дают представление о галактических и межгалактических магнитных полях, о распределении диффузной материи и о возможной концентрации антивещества во Вселенной. Гамма-излучение, распрост-

раняющееся прямолинейно, выгодно отличается от заряженных частиц, траектории которых сильно искажаются на пути к Земле магнитными полями.

### ОБРАЗОВАНИЕ ГАММА-ЛИНИЙ В СПЕКТРАХ

Эмиссионные линии появляются в спектрах источников излучения во время испускания квантов электромагнитного излучения, соответствующих переходам атомов из одного дискретного энергетического состояния в другое (рентгеновское, ультрафиолетовое, оптическое излучения) либо **ядерным переходам** или **аннигиляции** электронов с позитронами (гамма-излучение).

Взаимодействие ядер с электронами, протонами и тяжелыми заряженными частицами, а также с нейтронами приводит к появлению возбужденных ядер, которые затем переходят в основное состояние, испуская при этом альфа-частицы, электроны и позитроны ( $\beta$ -распад) и гамма-кванты. Возбужденное состояние ядра характеризуется определенными дискретными энергетическими уровнями, а энергия  $E_\gamma$  излучаемого гамма-кванта равна разности энергий уровней, между которыми происходит переход.  $E_\gamma$  не строго постоянна, поэтому линия имеет конечную ширину



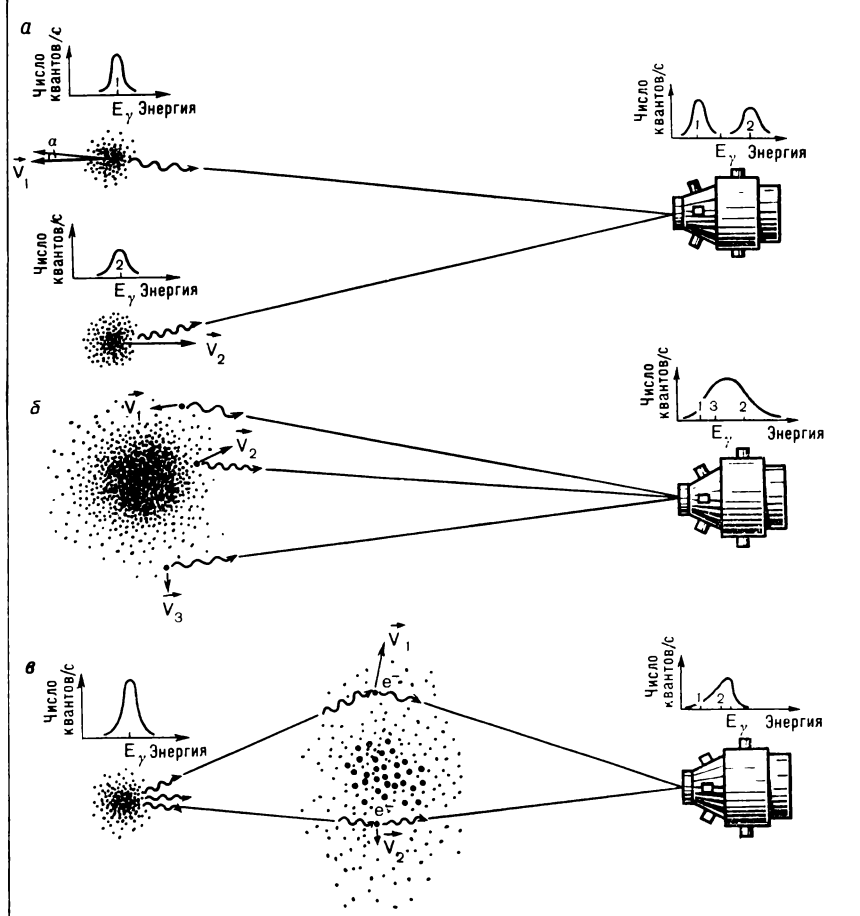
*Примеры образования гамма-линий: а — при аннигиляции электрон-позитронных пар, б — при захвате нейтрона ядром, в — при кулоновском возбуждении ядра*

$\Delta E_\gamma \sim \hbar/\Delta t$ , где  $\hbar$  — постоянная Планка ( $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с), а  $\Delta t$  — время жизни возбужденного уровня. Гамма-линию обычно характеризует ее полуширина, то есть ширина на половине высоты линии над непрерывным спектром. Итак, энергия гамма-кванта в данной линии с некоторой вероятностью может иметь разные значения в пределах  $E_\gamma \pm \Delta E_\gamma$ .

Другой часто наблюдаемый механизм образования гамма-линий — аннигиляция электрон-позитронных пар. Существуют процессы, в ходе которых рождаются электроны и позитроны, например  $\beta$ -распад ядер или распад  $\mu$ -мезонов. Пары должны рождаться и в сильных гравитационных полях черных дыр, гравитационный радиус которых не превосходит  $3,86 \cdot 10^{-11}$  см (комптоновская длина волны электрона).

Аннигиляция электронов и позитронов может протекать двояко: во-первых, электрон и позитрон аннигилируют в свободном состоянии, рождая два гамма-кванта, во-вторых, электрон и позитрон образуют первоначально связанное состояние — позитроний, находящийся в зависимости от физических условий в виде парапозитрония или ортопозитрония. Аннигилирующие в свободном состоянии электроны и позитроны, а также парапозитроний, распадаясь на два гамма-кванта с одинаковой энергией, дают линию 511 кэВ, естественная ширина которой мала. Ортопозитроний распадается на три гамма-кванта, причем энергия может распределяться между ними в значительной степени произвольно и быть в пределах от 0 до 511 кэВ. Образование ортопозитрония и его последующий распад приводят к появлению широкой гамма-линии 511 кэВ. Установлено, что при температуре излучающих областей  $T \ll 10^5$  К или  $T \gg 10^5$  К преобладает двухфотонная аннигиляция и естественная ширина линии мала. При температуре близкой к  $10^5$  К доля трехфотонного распада становится значительной и естественная ширина линии сильно увеличивается.

В реальных условиях гамма-линии могут смещаться в сторону меньших энергий (красное смещение) или



*Так происходит смещение и расширение гамма-линий: а — доплеровское смещение, б — доплеровское расширение, в — расширение гамма-линий в результате эффекта Комптона*

больших энергий (синее смещение), а также расширяться. Сдвиг гамма-линии происходит, если, например, излучающая область движется относительно регистрирующего прибора (эффект Доплера). Смещение гамма-линии в «красную» сторону может произойти, если излучающая область находится в сильном гравитационном поле компактного объекта — черной дыры или нейтронной звезды, так как в этом случае гамма-кванты тратят часть своей энергии на преодоление сил тяготения. В очень сильном гравитационном поле черной дыры гам-

ма-кванты полностью теряют свою энергию и не выходят из черной дыры.

Эффект Доплера приводит к расширению гамма-линии, если возбужденные ядра, движущиеся хаотически в излучающей области, будут испускать гамма-кванты, каждый из которых имеет свой доплеровский сдвиг в «синюю» или «красную» сторону.

Гамма-кванты могут рассеиваться на частицах межзвездной и межпланетной среды, отдавая при этом часть энергии (эффект Комптона), и гамма-линия расширяется в направлении меньших энергий.

Каждый химический элемент или его изотоп имеют характерный набор ядерных гамма-линий разной интенсивности. Поэтому наблюдение гамма-линий и оценка их интенсивности дают информацию о химическом и изотопном составе излучающих объектов. Смещение отождествленных

ядерных и аннигиляционных линий позволяет оценить гравитационные поля вблизи излучающих областей, их лучевые скорости; по расширению линий можно судить о физическом состоянии межзвездной и межпланетной среды, а также о температуре излучающих областей.

## СПЕКТРОМЕТРЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Гамма-спектрометр, предназначенный для исследования линий в спектрах космических источников, состоит, как правило, из сцинтилляционного или полупроводникового детектора, окруженного защитой (для поглощения или отбора нежелательных частиц). Защита ограничивает поле зрения спектрометра примерно от  $10^\circ$  до  $30^\circ$ . Энергетическое разрешение гамма-спектрометра со сцинтилляционным детектором бывает не лучше нескольких десятков кэВ. Как же работает гамма-спектрометр? Гамма-квант поглощается в кристалле, обычно это иодистый натрий с добавкой таллия —  $\text{NaI(Tl)}$ , в результате чего возникает вспышка света, пропорциональная энергии гамма-кванта. Свет собирается фотоэлектронным умножителем (ФЭУ), на выходе которого формируется сигнал с амплитудой, пропорциональной количеству световых квантов во вспышке, а значит, и энергии поглотившегося кванта. Любой гамма-квант или заряженная частица, идущие вне поля зрения, попадают в кристалл, составляющий часть активного коллиматора. В нем вырабатывается сигнал (если гамма-квант попал в кристалл и произошло взаимодействие), который подается на схему антисовпадений. Схема антисовпадений блокирует сигнал от детектора, пришедший одновременно с запрещающим сигналом от защиты, в результате чего событие не регистрируется. Гамма-квант, оказавшийся в пределах поля зрения и полностью поглотившийся в кристалле, не сопровождается запрещающим сигналом от защиты. Поэтому схема антисовпадений пропустит сигнал детектора на вход анализатора, который определяет время прихода гамма-кванта и его энергию. Затем инфор-

мацию преобразуют к виду, удобному для приема системой телеизмерений. Она и передает данные на Землю. Для защиты детектора от заряженных частиц, идущих в пределах поля зрения, входное окно спектрометра закрывается тонким пластическим сцинтиллятором, включенным также на антисовпадения с сигналом детектора. Толщина защитного сцинтиллятора выбирается такой, чтобы вероятность поглощения в нем гамма-квантов выбранного диапазона энергии была мала, а вероятность регистрации заряженных частиц, наоборот, велика. Тогда гамма-кванты свободно пройдут сквозь прозрачный для них защитный сцинтиллятор, а события, соответствующие прохождению заряженных частиц и сопровождающиеся запрещающим регистрацией сигналом, анализироваться не будут.

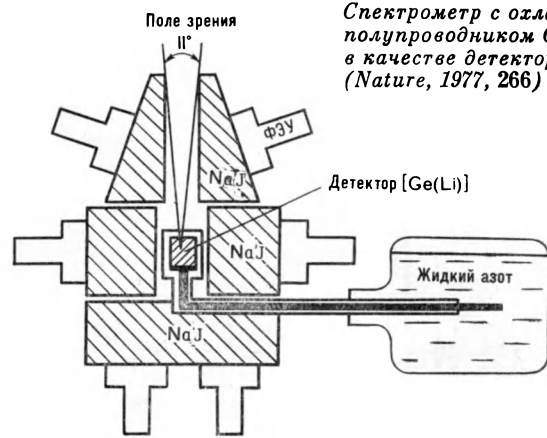
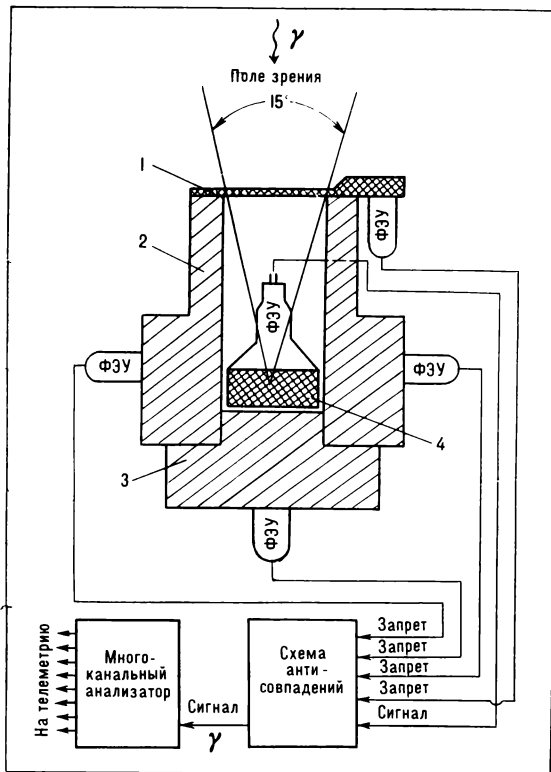
Для исследования узких гамма-линий вместо кристаллов применяют **полупроводниковые детекторы**, например из германия с добавкой лития —  $\text{Ge(Li)}$ , которые имеют высокое энергетическое разрешение порядка нескольких килоэлектронвольт. Логика построения гамма-спектрометра с полупроводниковым детектором похожа в общих чертах на описанную выше, следует только отметить, что полупроводниковые детекторы необходимо охлаждать до температуры менее 130 К, а для этого нужны специальные криогенные установки. Например, в 1976 году для баллонного эксперимента был создан спектрометр с полупроводниковым детектором. Цель эксперимента — поиск гамма-линий от Крабовидной туманности. Детектор охлаждался жидким азотом. Активный коллиматор из сцинтилляционного кристалла ограничивал поле зрения спектрометра до  $11^\circ$ . Энергетическое разрешение инструмента составляло 3,4 кэВ для гамма-квантов с энергиями меньше 2 МэВ.

Экспериментально гамма-линии наблюдаются на фоне непрерывного спектра, кроме того измерениям мешает фон, обусловленный диффузным гамма-излучением, гамма-излучением атмосферы, возникающим в результате воздействия космических

лучей. Значительный вклад в фон дают и ядерные реакции в веществе спектрометра и космического аппарата (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 30—33.— Ред.). Интенсивность гамма-линий фонового излучения может превышать интенсивность исследуемых гамма-линий. Чтобы получить «чистый» спектр наблюдаемого источника, необходимо вычистить фон из полученной информации. Для этого применяется **разностный метод** наблюдений, который состоит в том, что спектрометр в течение определенного времени «смотрит» на источник, потом на протяжении такого же отрезка времени наблюдается фон в стороне от источника. Спектр, полученный во втором измерении, «вычитается» из спектра, полученного в первом.

Важнейшая характеристика спектрометра — чувствительность. При определенном уровне фона чувствительность спектрометра повышается с ростом эффективности детектора (отношения зарегистрированной части потока к полному потоку излучения), его рабочей площади и времени наблюдения. Повышается чувствительность также и с улучшением энергетического разрешения инструмента ( $\Delta E_n$ ), но до тех пор, пока наблюдаемая ширина линии остается существенно меньше него. Для широких линий в сравнении с  $\Delta E_n$  чувствительность перестает зависеть от энергетического разрешения инструмента.

Полупроводниковые детекторы, обладающие высоким энергетическим разрешением, уступают сцинтилляционным детекторам в эффективности, к тому же их рабочая площадь бывает намного меньше площади детекторов  $\text{NaI(Tl)}$ . Поэтому полупроводниковые детекторы выгодно использовать для исследования узких интенсивных линий, имеющих сложную структуру. Сцинтилляционные детекторы обладают несомненным преимуществом при изучении более слабых линий, особенно если их ширина превышает несколько десятков килоэлектронвольт. Они также предпочтительнее для исследования переменных и вспыхивающих источников, которые приходится наблюдать с короткими экспозициями.



Спектрометр с охлажденным полупроводником Ge(Li) в качестве детектора (Nature, 1977, 266)

Устройство спектрометра со scintillationным кристаллом NaI(Tl) в качестве детектора: 1 — пластиковый scintillator, 2 — scintillationный кристалл CsI(Na), 3 — scintillationный кристалл CsI(Na), 4 — scintillationный кристалл NaI(Tl). (Astrophysical Journal, 1975, 202, 2)

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Гамма-линии из центра Галактики были обнаружены в серии из четырех баллонных экспериментов в период с 1970 по 1974 год. Поиск линий осуществлялся с помощью гамма-спектрометров со scintillationными детекторами NaI(Tl). Результат экспериментов — обнаружение трех гамма-линий: 0,5 МэВ, 1,2—2 МэВ, 4,6 МэВ. Широкая линия 1,2—2 МэВ, вероятнее всего, представляет собой совокупность линий, получившихся в результате излучения возбужденных ядер  $^{20}\text{Ne}^*$ ,  $^{24}\text{Mg}^*$  и  $^{28}\text{Si}^*$ . Линия 4,6 МэВ хорошо объясняется переходами ядер  $^{12}\text{C}$  из возбужденного состояния в основное. Линия 0,5 МэВ считается аннигиляционной.

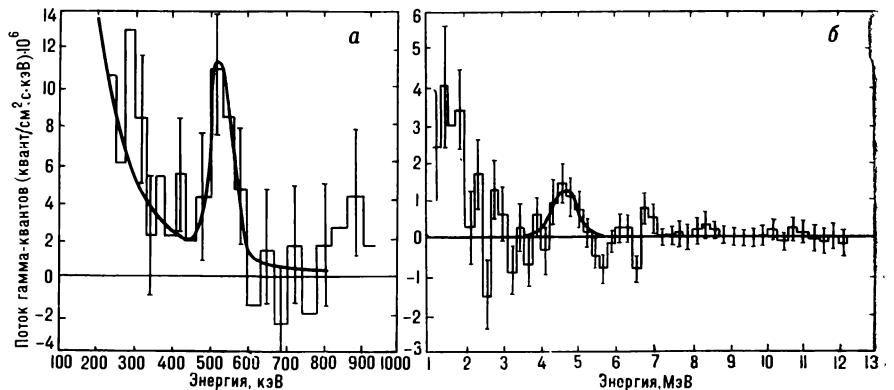
В 1976 году исследовалось гамма-излучение от Крабовидной туманности и пульсара NP0532 (PSR0531+21). В центре туманности находится пульсар NP0532 — нейтронная звезда, вращающаяся с периодом 33 милли-

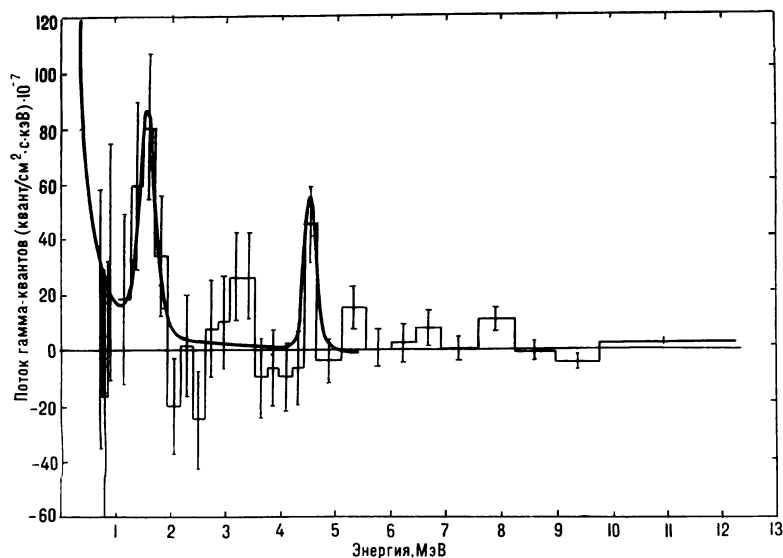
секунды. Наблюдения велись на гамма-спектрометре с детектором Ge(Li) в диапазоне энергий 0,1—5 МэВ. Эксперимент показал, что в спектре пульсара присутствует линия 400 кэВ. Предполагается, что полученная линия — аннигиляционная и излучение идет с поверхности нейтронной звезды или из области вблизи нее. Линия 511 кэВ претерпевает красное гравитационное смещение в поле тяготе-

ния, поэтому прибор отмечает линию с меньшей энергией.

Предпринимались попытки зарегистрировать гамма-линии и от вне-

Спектр излучения центра Галактики: а — область энергий 0,1—1 МэВ. Видна линия 0,5 МэВ; б — область энергий 1—13 МэВ. Видны особенности при 1,2—2 МэВ и линия 4,6 МэВ. (Astrophysical Journal, 1975, 201, 3)





*Спектр источника Центавр А в области энергий 0,686—12,54 МэВ. Отчетливо видны две линии — 1,6 МэВ и 4,5 МэВ. (Astrophysical Journal, 1976, 210, 3)*

галактических источников. В 1974 году в баллонном эксперименте с гамма-спектрометром NaI(Tl) исследовалась ближайшая к нам радиогалактика Центавр А, находящаяся на расстоянии 5 Мпк от Солнечной системы. По данным эксперимента был получен непрерывный спектр излучения Центавра А, в котором, видимо, присутствуют две гамма-линии — 1,6 МэВ и 4,5 МэВ. Если верить этим данным, то источник выделяет в этих линиях огромную мощность —  $2,6 \cdot 10^{43}$  эрг/с и  $2,2 \cdot 10^{43}$  эрг/с, соответственно. (Как известно, Солнце излучает во всем энергетическом диапазоне  $3,86 \cdot 10^{33}$  эрг/с.) Не исключено, что линия 1,6 МэВ — это расширенная благодаря эффекту Доплера линия  $^{20}\text{Ne}$  1,63 МэВ. Линию 4,43 МэВ можно объяснить излучением возбужденных ядер  $^{12}\text{C}$ . Расширение ее мало, и если линия 1,6 МэВ излучается той же областью, ее более естественно отождествить с суммой трех линий  $^{20}\text{Ne}$ ,  $^{24}\text{Mg}$  и  $^{28}\text{Si}$ .

5 марта 1979 года гамма-спектрометрами, установленными на автоматических станциях «Венера-11», «Венера-12», «Прогноз-7» и других кос-

мических аппаратах, одновременно наблюдался необычный всплеск гамма-излучения от источника, находящегося в созвездии Золотой Рыбы (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 34—36.—Ред.). Источник включился почти мгновенно, за 0,1 секунды интенсивность его возросла до максимального уровня, в  $10^4$  раз превышающего фон. В течение последующих нескольких десятых секунды интенсивность понизилась примерно в 100 раз, затем на «хвосте» всплеска появились пульсации с периодом 8,1 секунды, длившиеся несколько минут. В спектре этого удивительного источника, полученном на советском гамма-спектрометре «Конус», ясно обнаруживается особенность, вызываемая, вероятно, излучением линии 430 кэВ. Этот открытый источник — вспыхивающий пульсар, и не исключено, что он излучает аннигиляционную линию 511 кэВ, которая испытывает гравитационное красное смещение в его поле тяготения.

В настоящее время имеются сообщения о наличии особенностей в спектрах других вспыхивающих источников, возможно, что это тоже гамма-линии. Нет сомнений, что в дальнейших экспериментах будут получены надежные данные о наблюдавшихся гамма-линиях, существование которых, однако, требует подтверждения. Будут несомненно открыты и новые гамма-линии.

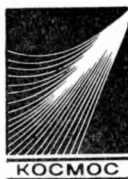
## РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПЛАНЕТ

С февраля по апрель 1980 года в Крыму из Центра дальней космической связи сотрудники Института радиотехники и электроники АН СССР и ряда других организаций провели под руководством академика В. А. Котельникова радиолокационные наблюдения Марса, Венеры, Меркурия. Для излучения и приема радиосигналов использовалась новая полноповоротная параболическая антенна с зеркалом диаметром 70 м. Применение очень эффективной антенны, повышение мощности передатчика и улучшение чувствительности приемника позволили в 50 раз повысить энергетический потенциал планетного радиолокатора (сохранив прежнюю длину волны 39 см). Дальность радиолокации увеличилась более чем в 2,5 раза. Наблюдениями были охвачены значительные участки орбит планет:  $82^\circ$  для Венеры вблизи элонгации,  $139^\circ$  для Меркурия в районе нижнего соединения и  $29^\circ$  для Марса в районе его противостояния. Наибольшие расстояния до Венеры, Меркурия и Марса составляли 161, 139 и 135 млн. км, соответственно. Отклонения расчетных расстояний до Венеры от измеренных значений во всем интервале наблюдений не превышали шести километров. До Марса — от трех до 21 км и в значительной степени обуславливались влиянием рельефа поверхности.

Первые радиолокационные наблюдения Меркурия были осуществлены в Советском Союзе летом 1962 года. Тогда исследовались отражательные свойства его поверхности и измерялась скорость движения. Но чувствительность прежнего планетного радиолокатора была недостаточна для проведения точных измерений расстояния до Меркурия, поэтому попытки его радиолокации в последующие годы в СССР не предпринимались. В 1980 году расстояние до него измерялось с точностью 1,2 км, скорость его движения — с точностью 5 см/с. Точность классической теории движения Меркурия оказалась на 1,5—2 порядка ниже точности теории движения Венеры и Марса.

Были получены также сведения о рельефе и отражательных свойствах поверхности внутренних планет.

Доклады АН СССР, 1980, 255, 6.



## ПРОБЛЕМЫ ГАММА-АСТРОНОМИИ

Кандидат  
физико-математических наук  
**БАЛЕБАНОВ В. М.**  
Кандидат  
физико-математических наук  
**НЕСТЕРОВ В. Е.**  
Кандидат  
физико-математических наук  
**ПРИЛУЦКИЙ О. Ф.**

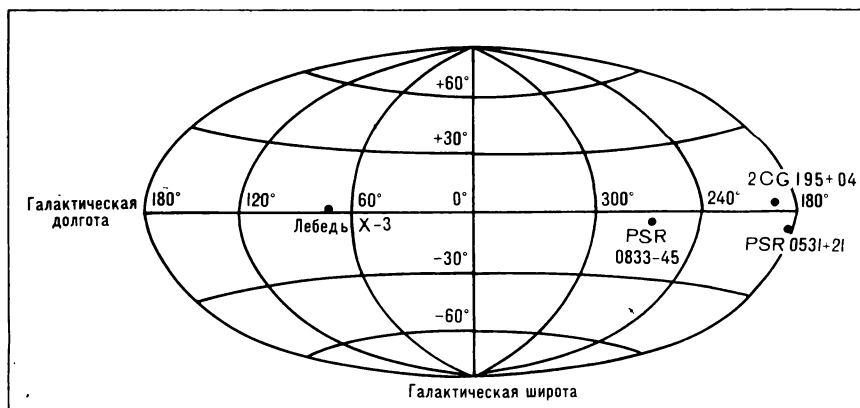
# Дискретные источники космического гамма-излучения

Одним из наиболее интересных событий в астрофизике высоких энергий стало в последние годы открытие дискретных источников космического гамма-излучения.

### АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ — ИСТОЧНИКИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

В теоретических моделях предполагаемых источников космического гамма-излучения наибольшее внимание уделялось генерации гамма-квантов при взаимодействии космических лучей с межзвездным газом. Оценки ожидаемых потоков от остатков сверхновых, радиогалактик и квазаров не позволяли надеяться на обнаружение дискретных источников существующими гамма-телескопами.

До появления специализированных астрономических спутников данные о дискретных источниках, полученные в баллонных и ракетных экспериментах, оставались весьма скудными. Казалось, подтверждается правильность теоретических предсказаний. Но уже на первом гамма-астрономическом спутнике SAS-2 (Small Astronomical Satellite), работавшем в течение семи месяцев в 1972/1973 году, были получены надежные сведения о нескольких галактических дискретных источниках гамма-лучей. Наиболее сильными источниками оказались два радиопульсара с самыми короткими



*Карта небесной сферы в диапазоне жесткого гамма-излучения (более 100 МэВ) по результатам наблюдений на спутнике SAS-2 (1973 год). Карта построена в галактических координатах*

периодами — пульсар PSR 0833—45 в созвездии Парусов (89 мс) и пульсар PSR 0531+21 в Крабовидной туманности (33 мс). Весьма неожиданным оказалось сообщение о регистрации гамма-излучения от пульсаров PSR 1747—46 и PSR 1818—04. И вот почему. Для объяснения наблюдаемой интенсивности этих источников пришлось предположить, что основная часть энергии, высвобождающейся при торможении вращающейся нейтронной звезды, должна превращаться в энергию гамма-излучения.

Радиопульсары не были единственным классом объектов, у которых во время наблюдений на спутнике SAS-2

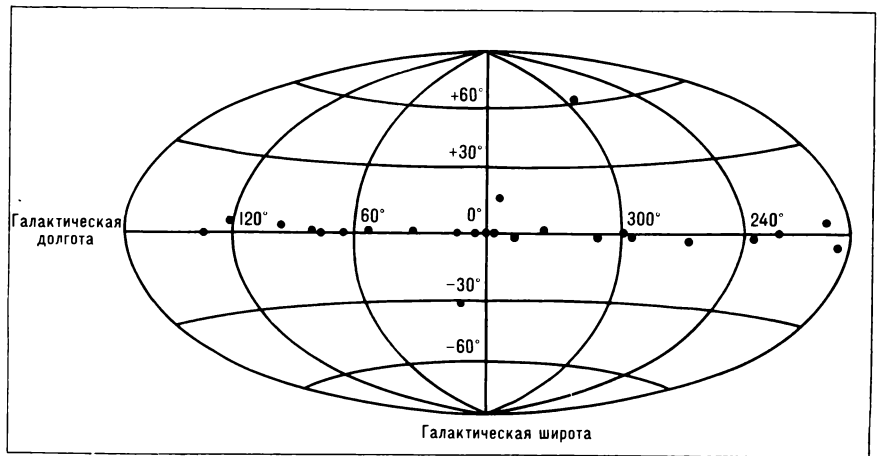
зарегистрировали гамма-излучение. Неподалеку от Крабовидной туманности обнаружили мощный источник, сравнимый по интенсивности с пульсаром PSR 0531+21. Излучение источника оказалось пульсирующим с периодом 59 секунд, период пульсаций возрастал с довольно большой скоростью (примерно  $2 \cdot 10^{-9}$  секунды в секунду). Несмотря на многочисленные попытки, этот источник, обозначаемый 2CG195+04 (2CG — обозначение второго каталога COS-B — Cosmic Ray Satellite) не удалось отождествить с каким-либо астрофизическим объектом, излучающим в радио-, оптическом или рентгеновском диапазоне. И, наконец, на спутнике SAS-2, так же как и несколько ранее в СССР, с помощью установленного на аэростате телескопа Московского инженерно-физического института обнаружено гамма-излучение от рентгеновского источника Лебедь X-3, мо-

дулируемое с тем же периодом 4,8 часа, и излучение в инфракрасном и рентгеновском диапазонах.

Второй специализированный спутник COS-B был запущен в августе 1975 года. Несмотря на то, что планируемое время работы спутника COS-B составляло всего один год, этот космический аппарат успешно функционирует более пяти лет. Длительное время работы спутника COS-B и его высокая орбита (перигей 350 км, апогей 100 000 км), повышающая долю полезного времени наблюдений до 80% (на спутнике SAS-2—40%), позволили значительно увеличить статистический материал: если на спутнике SAS-2 было зарегистрировано около 8000 событий, то число зарегистрированных событий на спутнике COS-B уже превысило 100 000.

Один из основных результатов наблюдений на спутнике COS-B — обнаружение большого числа дискретных источников космического гамма-излучения. В результате анализа данных, полученных за первые 2,5 года работы спутника, был составлен каталог из 25 источников. Большинство источников наблюдалось на спутнике COS-B впервые. Для ряда источников (пульсары PSR 0531+21 и PSR 0833—45, неотжествленный источник  $\gamma$  195+5) результаты наблюдений на спутнике SAS-2 были подтверждены, а некоторые наблюдавшиеся на спутнике SAS-2 источники COS-B не обнаружил (в частности, Лебедь X-3 и пульсар PSR 1747—46). В результате наблюдений на спутнике COS-B было надежно зарегистрировано излучение от первого внегалактического источника — квазара 3C 273.

Из 25 источников, входящих в каталог, отождествлено всего лишь три: пульсары PSR 0833—45, PSR 0531+21 и квазар 3C 273. Еще один источник, 2CG 353+16, может быть связан с гигантским газово-пылевым облаком в созвездии Змееносца. Природа остальных пока неизвестна, но мы можем оценить среднестатистические характеристики этих объектов. Многие дискретные источники гамма-излучения концентрируются к галактической плоскости (среднее удаление источников от нее не превышает  $1,5^\circ$ ). Это свидетельствует о том, что источники



*Карта небесной сферы в диапазоне жесткого гамма-излучения (более 100 МэВ) по результатам наблюдений на спутнике COS-B (1979 год) (показано 25 обнаруженных источников)*

находятся на довольно большом расстоянии от Солнечной системы, иначе источники располагались бы относительно наблюдателя более или менее равномерно. Минимальное значение среднего расстояния от плоскости Галактики (шкала высот) для различных типов галактических объектов составляет 40 пк. Если шкала высот для дискретных источников гамма-излучения не ниже этой величины, то они должны находиться на расстоянии не менее 2 кпк от Солнечной системы.

Типичные потоки гамма-излучения дискретных источников равны  $10^{-9}$  эрг/см<sup>2</sup>·с, и если эти источники расположены на расстоянии более 2 кпк, то их светимость должна превышать  $10^{36}$  эрг/с. Суммарное излучение дискретных источников (их в Галактике может быть больше ста) должно составлять заметную долю от полной светимости Галактики в гамма-лучах (примерно  $4 \cdot 10^{38}$  эрг). Не исключено, что в наблюдаемое диффузное излучение Галактики значительный вклад вносит совокупное излучение дискретных источников, которые не могут быть разрешены современными гамма-телескопами.

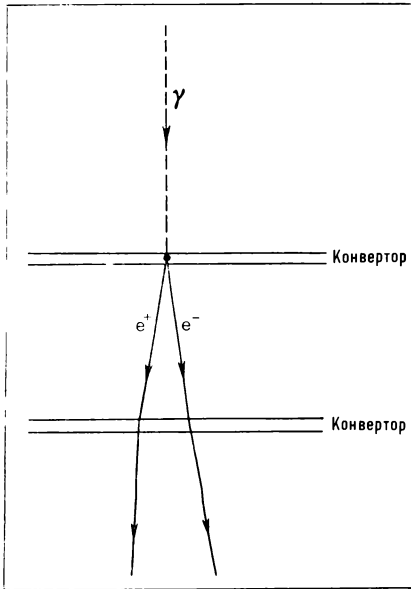
## МОДЕЛИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Природа неотжествленных дискретных источников гамма-излучения до сих пор неизвестна. В последние годы появились теоретические работы, в которых обсуждались различные модели галактических источников гамма-излучения.

**Модели первого класса базируются на генерации гамма-лучей при взаимодействии космических лучей с межзвездным газом.** Для того, чтобы область генерации оказалась сильным дискретным источником, необходимо, чтобы межзвездный газ был сконцентрирован в плотных облаках и плотность космических лучей в области генерации была существенно выше, чем в среднем по Галактике. Такие условия возможны в областях активного звездообразования, где комплексы газово-пылевых облаков могут находиться в непосредственной близости от молодых остатков сверхновых — продуктов эволюции короткоживущих массивных звезд.

**Модели второго класса связаны с генерацией гамма-излучения при аккреции на компактные объекты — нейтронные звезды или черные дыры.** Эти модели плохо объясняют отсутствие мощного рентгеновского излучения, которое должно сопровождать аккрецию на компактный объект; кроме того, ожидаемый спектр гамма-излучения при аккреции на компактные





*Принцип определения направления на источник гамма-лучей в телескопе, построенном по обычной схеме: гамма-квант, поглощающийся в конверторе телескопа, образует электрон-позитронную пару. Трековые детекторы телескопа позволяют определить направление треков электрона и позитрона. Направление регистрируемого фотона восстанавливается по направлениям треков заряженных частиц*

объекты заметно отличается от наблюдаемых спектров дискретных галактических источников.

**Модели третьего класса предполагают генерацию гамма-излучения при трансформации энергии вращения компактных объектов с сильными маг-**

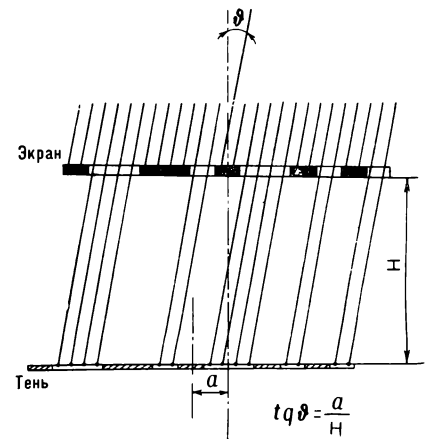
**нитными полями.** Реальность этой модели подтверждается наблюдениями гамма-излучения от радиопульсаров PSR 0833—45 и PSR 0531+21. В последние годы теория генерации гамма-излучения в магнитосферах вращающихся нейтронных звезд была разработана достаточно детально. Она основана на ускорении заряженных частиц вдоль силовых линий магнитного поля под влиянием продольных электрических полей и на излучении заряженных частиц высоких энергий при движении вдоль искривленных силовых линий. Такая генерация гамма-излучения может обеспечить преобразование вращательной энергии пульсаров в энергию гамма-излучения с высоким коэффициентом полезного действия. Тем не менее, и модели третьего класса оставляют нерешенными многочисленные проблемы.

Чтобы лучше понять природу дискретных источников космического гамма-излучения, необходимы более подробные данные наблюдений. Особенно важно повысить угловое разрешение гамма-телескопов, что необходимо для отождествления дискретных источников гамма-лучей с астрофизическими объектами.

Современные гамма-телескопы построены по схеме, помогающей восстановить направление регистрируемого гамма-кванта по направлениям образующихся при его поглощении заряженных частиц — электрона и позитрона. Точность восстановления углов падения фотонов на телескоп ограничивается рассеянием электронов и позитронов в веществе конвертора, отдачей ядра при рождении пары и т. д. и не может быть лучше примерно 0,5° при энергии фотонов в 100 МэВ.

Дальнейшее повышение углового разрешения гамма-телескопов требует принципиально новых способов построения изображений небесной сферы в гамма-лучах.

Способ, предложенный несколько лет назад сотрудниками Института космических исследований АН СССР и, независимо, Саутгемптонского университета (Англия), заключается в том, что перед обычным гамма-телескопом устанавливается теневой



*Принцип определения направления на источник гамма-лучей в телескопе с теневым экраном: поток гамма-квантов от дискретного источника, проходя сквозь установленный перед телескопом на расстоянии H полупрозрачный экран, образует на плоскости детектора тень экрана. Смещение центра тени относительно центра плоскости детектора (a) определяет угол φ между направлением от источника гамма-квантов и осью телескопа*

(полупрозрачный) экран с чередующимися отверстиями и поглощающими элементами. При освещении экрана параллельным потоком гамма-квантов от удаленного источника на плоскости детектора появляется тень экрана. Смещение центра тени относительно центра детектора определяет угол между направлением на источник и осью телескопа. В этом случае угловое разрешение определяется отношением поперечных размеров отверстий экрана к расстоянию от экрана до детектора и может быть доведено до 1' (при отверстиях размером 1 мм и расстоянии от экрана до детектора 3 м). Таким образом, появилась возможность улучшить угловое разрешение гамма-телескопов в десятки раз.



## ПРОБЛЕМЫ ГАММА-АСТРОНОМИИ

Доктор физико-математических наук  
**ГАЛЬПЕР А. М.**  
Кандидат  
физико-математических наук  
**КОТОВ Ю. Д.**  
Кандидат  
физико-математических наук  
**ЛУЧКОВ Б. И.**

# Гамма-лучи раскрывают структуру Галактики

**Гамма-излучение Галактики возникает в результате взаимодействия космических лучей с межзвездным газом. Обнаружена новая компонента межзвездного газа — молекулярный водород. Измерен градиент космических лучей в Галактике, указывающий на их галактическое происхождение.**

Космическое гамма-излучение возникает при взаимодействии высокоэнергичных частиц с веществом или излучением и, образно говоря, открывает окно в мир высоких энергий. Процессов генерации гамма-квантов известно много, но для нас (поскольку речь идет об исследовании гамма-излучения Галактики в интервале энергий 50—5000 МэВ) важны только два из них: распад на два гамма-кванта нейтральных пионов ( $\pi^0$ ), возникающих при взаимодействии ускоренных протонов и ядер с веществом, и излучение электронов во внутриатомных электрических полях — тормозное излучение.

Космические лучи, в состав которых входят протоны, ядра и электроны (позитроны), во время своего движения в Галактике взаимодействуют с межзвездным газом (Земля и Вселенная, 1978, № 1, с. 32—36.—Ред.). Возникающее при этом гамма-излучение делает космические лучи «видимыми» для земного наблюдателя. Благодаря большой проникающей способности и нейтральности гамма-квантов, не отклоняющихся в элект-

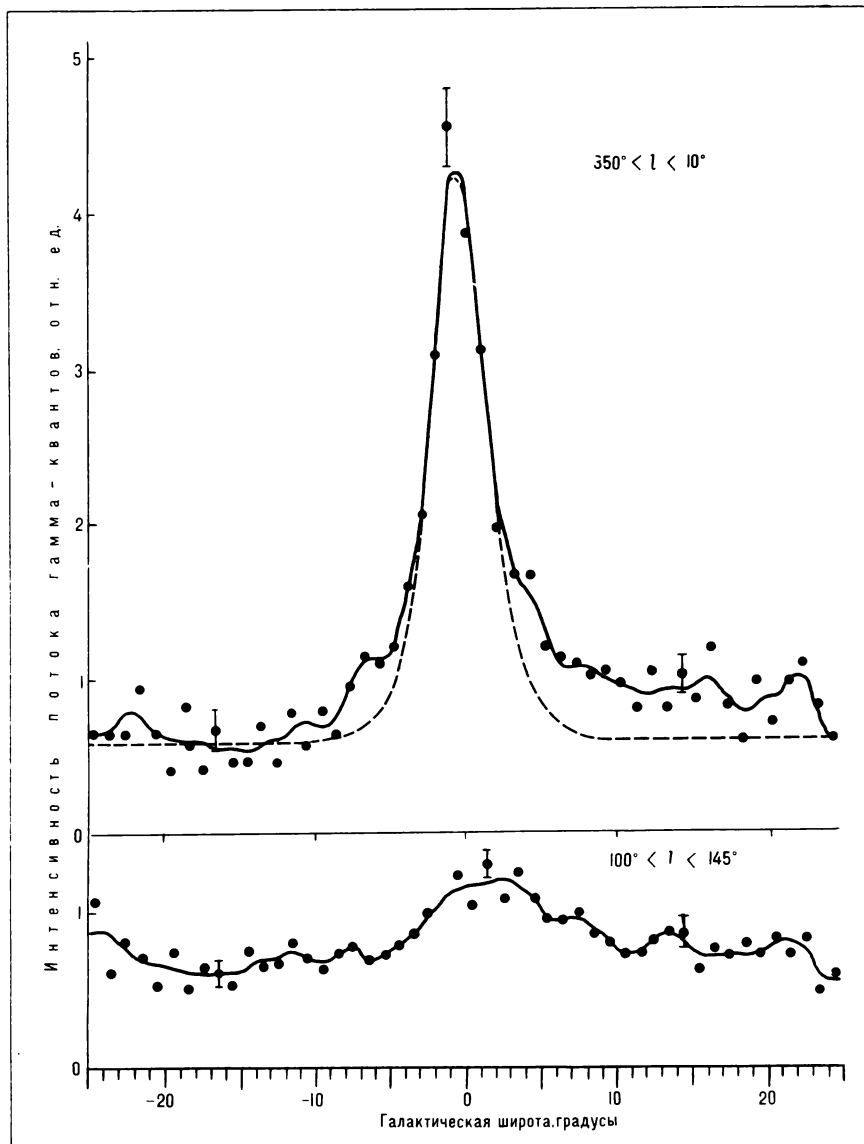
рических и магнитных полях, можно наблюдать космические лучи в самых удаленных и скрытых от оптических телескопов участках Галактики. Надо, правда, заметить, что электронная компонента космических лучей «видна» и в радиодиапазоне. Это связано с синхротронным излучением, которое испускают электроны при прохождении межзвездных магнитных полей. Что же касается протонно-ядерной компоненты (основной в составе космических лучей по интенсивности и энергии), то она проявляет себя только в гамма-диапазоне. Подобно тому как видимое и инфракрасное излучения дают возможность наблюдателю выяснить свойства нагретого космического объекта (размеры, температуру, расстояние), гамма-излучение позволяет измерить интенсивность, энергетический спектр и другие характеристики космических лучей, получить сведения о межзвездном газе (см. статью Мелиоранского А. С. и Ямбуренко Н. С. в этом номере журнала).

Несмотря на большой интерес, проявленный к гамма-излучению, наблюдательная гамма-астрономия развивалась значительно медленнее, чем, например, «соседняя» с ней рентгеновская астрономия. Это связано с тем, что потоки гамма-квантов чрезвычайно малы (около  $10^{-5}$  квант/см<sup>2</sup>с ср при энергии 100 МэВ), а мешающие измерениям потоки гамма-излучения от атмосферы Земли, материала спутника, от любой массы, расположенной вблизи регистрирующего прибора, от самого прибора слишком велики. Первые сведения о

потоке гамма-квантов из полосы Млечного Пути получены на орбитальной обсерватории OSO-3 еще в 1967 году. Но они были весьма неопределенны из-за малого объема статистического материала (Земля и Вселенная, 1973, № 1, с. 6—11.—Ред.). Более подробные данные получены в середине 70-х годов на европейском спутнике COS-B.

## ГАЛАКТИЧЕСКОЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ

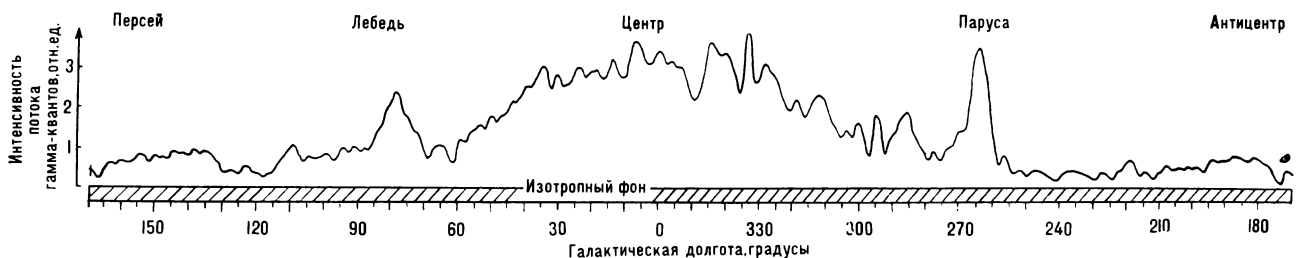
Галактика достаточно ярка в гамма-лучах. Интенсивность регистрируемого космического гамма-излучения резко возрастает при приближении направления гамма-телескопа к галактическому экватору. Почти вся светимость Галактики, составляющая  $5 \cdot 10^{38}$  эрг/с для гамма-квантов с энергией больше 100 МэВ, сосредоточена в узкой полосе  $\pm 10^\circ$  от экватора. Такой характер галактического гамма-излучения совпадает с ожидавшимся, так как и космические лучи, и межзвездный газ сосредоточены, главным образом, в тонком диске, отношение радиуса которого к толщине приблизительно 100:1. Светимость Галактики в гамма-лучах, конечно, очень мала, если ее сравнить со светимостью в видимой части спектра, и составляет одну миллионную часть последней. Это говорит о том, что процессы взаимодействия космических лучей с газом, сопровождаемые гамма-излучением, крайне редки, а не о доле участия космических лучей в общем энергетическом балансе в Галактике. И космо-



Зависимость потока гамма-квантов с энергией больше 50 МэВ от широты для двух областей

Галактики. Пунктирная линия — компонента, приходящая с больших расстояний

Зависимость интенсивности галактического гамма-излучения от долготы



ческие лучи, и межзвездный газ по плотности энергии, заключенной в этих компонентах материи, не уступают оптическому излучению звезд.

Если посмотреть, как распределена интенсивность гамма-излучения вдоль экватора по галактической долготе  $l$ , то можно увидеть, что наиболее ярко «светит» центральная часть Галактики в интервале долгот  $l = \pm 60^\circ$  от галактического центра. Другая особенность — наличие отдельных пиков интенсивности, часть которых вызвана дискретными источниками (см. статью Балебанова В. М. и др. в этом номере журнала). Но основную часть (почти 90%) составляет непрерывная (диффузная) компонента, которая и представляет собой «след» от взаимодействия космических лучей с межзвездным газом. Это позволяет использовать диффузное галактическое гамма-излучение как инструмент исследования структуры и состава Галактики.

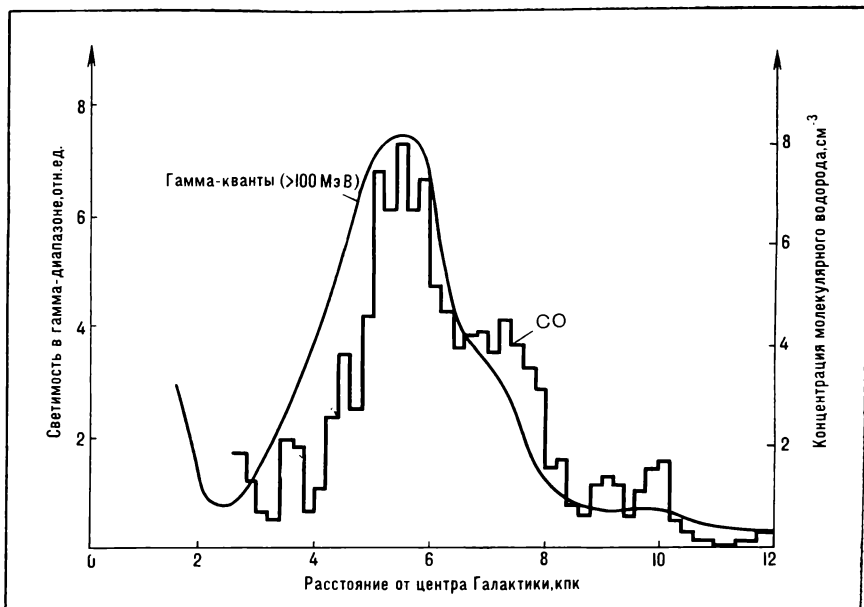
Зависимость потока гамма-излучения от широты показывает, что поток гамма-квантов из центральной области Галактики можно представить в виде двух составляющих. Первая — излучение, собираемое со всего диска Галактики и приходящее с больших расстояний (больше 1 кпк). Вторая, более изотропная часть, — излучение, приходящее с относительно небольших расстояний (меньше 1 кпк). В направлении на антицентр ( $l = 180^\circ$ ) регистрируется только вторая компонента. Это довольно естественный результат, отражающий расположение Солнечной системы в Га-

лактике: в 10 кпк от центра и в 5 кпк от ее внешнего края. На периферии Галактики нет больших масс газа и повышенных потоков космических лучей, тогда как в центральной ее части эти компоненты, ответственные за гамма-излучение, должны быть достаточно велики.

При более детальном рассмотрении распределения гамма-излучения по долготе и широте можно заметить, что центры широтных распределений смещены от средней плоскости Галактики. Этот ранее наблюдавшийся в радиоизлучении эффект «загнутых полей шляпы» вызван тем, что галактический диск на больших расстояниях отклоняется от плоскости и принимает именно такую форму. Зависимости гамма-излучения от широты отражают и более тонкую структуру Галактики, например «пояс Гоулда», представляющий собой «язык», отходящий от местного (в Орионе) рукава Галактики. Он состоит из звезд, газа и пыли, имеет толщину около 70 пк, протяженность около 700 пк и наклонен к галактическому экватору на  $18^\circ$ . То, что гамма-излучение «чувствует» особенности галактической структуры, подтверждает связь диффузного потока гамма-квантов с распределением межзвездной материи.

## МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВОДОРОД В ГАЛАКТИКЕ

Из полученного распределения гамма-излучения по долготе и широте была вычислена зависимость объемной светимости галактического вещества от расстояния до центра Галактики. Она демонстрирует значительное возрастание плотности гамма-излучения на расстоянии 4—8 кпк от галактического центра. Эта область, получившая название Большого Галактического Кольца, представляет активный район Галактики, в котором наблюдается также повышенная плотность остатков сверхновых, гигантских областей ионизированного водорода (области H II) и излучения молекул CO на длине волны 2,64 мм. Разумное объяснение повышенной светимости гамма-лучей в Большом Галактическом Кольце со-



*Зависимость объемной светимости межзвездного газа для гамма-излучения от расстояния до центра Галактики. Для сравнения приведена аналогичная зависимость излучения молекул CO на длине волны 2,64 мм. Идентичность обоих распределений объясняется повышенной плотностью молекулярного водорода на расстоянии 4—8 кпк от галактического центра*

стоит в следующем. В этой части Галактики в 5—10 раз повышена концентрация межзвездного газа. Им не могут быть ни атомарный, ни ионизированный водород, количество которых точно известно из радионаблюдений, поэтому избыточным межзвездным веществом должен быть молекулярный водород. Прямые наблюдения его крайне затруднены (линии излучения приходятся на ультрафиолетовый и инфракрасный диапазоны). Такая интерпретация подтверждает данные об излучении межзвездных молекул CO, возбуждение которых вызывается столкновениями с молекулами водорода. Можно считать, что совместные наблюдения в радио- и гамма-диапазонах доказали существование значительных масс молекулярного водорода, сосредоточенных в районе Большого Кольца

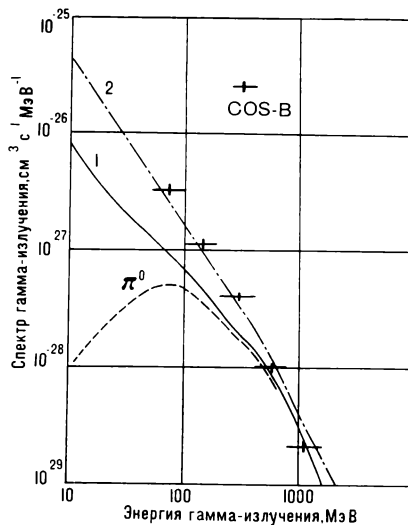
и значительно — в несколько раз — превышающих массу водорода в атомарном состоянии. Как полагают, молекулярный водород входит в состав больших газопылевых облаков, внутри которых он экранирован от разрушающего воздействия ультрафиолетового излучения звезд. В Галактике молекулярного водорода столько же, сколько и атомарного (приблизительно 2% всей массы Галактики), но распределены они в галактическом диске совершенно по-разному.

## КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ В ГАЛАКТИКЕ

По данным гамма-астрономии можно считать установленным, что распределение космических лучей в Галактике неоднородно. Более определенно этот результат получен для внешних по отношению к Солнцу частей Галактики (больше 10 кпк), где интенсивность космических лучей должна быть в несколько раз меньше, чем в окрестности Солнечной системы. Если бы это было не так, то поток гамма-квантов, приходящих со стороны антицентра Галактики, оказался бы значительно больше наблюдаемого. Значит, источники космических лучей (по крайней мере, для энергий  $10^8$ — $10^{10}$  эВ) находятся

внутри Галактики. Как известно, именно на этом в течение многих лет настаивал академик В. Л. Гинзбург (Земля и Вселенная, 1973, № 1, с. 2—6.—Ред.). В противном случае (если допустить, что космические лучи приходят из метагалактического пространства) их поток должен убывать от границ Галактики к центру или хотя бы оставаться постоянным. К сожалению, столь определенного результата еще нельзя получить из распределения космических лучей во внутренних областях Галактики. Повышенная светимость гамма-излучения в Большом Галактическом Кольце почти полностью объясняется большой концентрацией молекулярного водорода. И все же можно считать, что давний спор о галактическом или метагалактическом происхождении космических лучей приближается к завершению — в пользу их галактической природы. Сейчас в повестку дня внесена более трудная задача — открытие в Галактике «живых» источников космических лучей. Она также может быть решена (и уже решается) средствами гамма-астрономии.

Важный вопрос, связанный с происхождением космических лучей, — определение соотношения ядерной и электронной компонент. В окрестности Солнечной системы доля электронов составляет приблизительно 1% в интервале энергий  $10^9$ — $10^{10}$  эВ.



*Энергетический спектр галактического гамма-излучения. Для сравнения показаны спектр от распада  $\pi^0$ -мезонов и суммарные спектры от процессов тормозного излучения электронов и распада  $\pi^0$ -мезонов при разных соотношениях ядерной и электронной компонент: 1 — «обычное» отношение  $e/p$ , 2 — количество электронов увеличено в 5,5 раза*

Каково это соотношение в других областях Галактики, в частности вблизи источников космических лучей, до последнего времени известно не бы-

ло. Ответ дал энергетический спектр диффузного гамма-излучения. Оказалось, что энергетические спектры гамма-излучения разных участков Галактики подобны. Это говорит об идентичности процессов генерации, главные из которых, как читатели уже знают, — тормозное излучение электронов и распад  $\pi^0$ -мезонов, образованных ядерной компонентой в межзвездном газе. Выбирая различные соотношения ядерной и электронной компонент, можно вычислить суммарный энергетический спектр гамма-излучения и сравнить его с измеренным. Наиболее удовлетворительное согласие достигается, когда число электронов в потоке космических лучей приблизительно в 3 раза больше, чем около Земли. Но для окончательного решения вопроса о соотношении различных компонент космических лучей необходимо провести более тщательные измерения энергетического спектра гамма-излучения, в первую очередь, в интервале энергий 10—50 МэВ, где доминирующим должно быть тормозное излучение электронов.

Хотя результаты исследования галактического гамма-излучения, о которых мы рассказали, нуждаются в уточнении, они показали главное: Галактика в гамма-лучах предстала в «новом свете», полнее раскрывающем ее структуру и состав.

## ДВОЙНАЯ ПЛАНЕТА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

В 1978 году американский астроном Дж. Кристи открыл спутник Плутона, которому было присвоено имя Харон (Земля и Вселенная, 1979, № 2, с. 40—41.—Ред.). Подтвердил это открытие сотрудник Южноафриканской астрономической обсерватории Э. Уокер. 6 апреля 1980 года, наблюдая покрытие звезды Плутоном, он заметил, что звезда исчезла из поля зрения на 50 секунд, хотя по расчетам сам Плутон не должен был закрыть ее.

В сентябре 1980 года французские астрономы Д. Бонно и Р. Фуа, работавшие в обсерватории Мауна Кеа на Гавайях, впервые получили серию фотографий, на которых изображение Харона можно выделить, используя ЭВМ. Фотографирование производилось в течение двух по-



чей, разделенных 73-часовым интервалом, что составляет примерно половину периода полного обращения спутника вокруг планеты. Харон был слабее Плутона на 1,6 звездной величины. В результате наблюдений было установлено, что радиус орбиты Харона 19 000 км. Диаметр Плутона получился равным пример-

но 4000 км, диаметр Харона — около 2000 км. Однако эти оценки еще подлежат уточнению.

На основе наблюдений Дж. Кристи и Р. Харрингтон оценили общую массу системы Плутон — Харон в 1/400 массы Земли. Состав Плутона и его спутника, очевидно, одинаков (в основном замороженный метан), значит, одинаковой должна быть и плотность. С таким допущением их средняя плотность должна быть около 0,4 г/см³. В этом случае масса Плутона приблизительно 1/500, Харона — примерно 1/4000 массы Земли.

Поскольку размеры Харона лишь вдвое меньше, чем Плутона, и спутник находится на расстоянии порядка 8,5 радиуса планеты, правильнее представлять себе систему Плутона не как планету со спутником, а как двойную планету.

New Scientist, 1980, 88, 1221.



Кандидат  
физико-математических наук  
ТИНДО И. П.

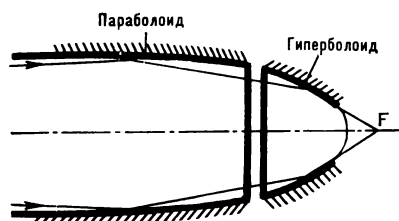
## «Рачий глаз» – рентгеновский телескоп будущего?

**Бионика подсказала весьма перспективную схему рентгеновского телескопа. В нем используется способ фокусировки, присущий зрению речного рака, морского омара и креветки...**

ВМЕСТО ИЗОБРАЖЕНИЯ —  
«ТЕНЕВАЯ КАРТИНА»

Исследования предельно слабого рентгеновского излучения космических объектов, которые лежат порой у границ Вселенной, требуют создания принципиально новых приборов. Эти приборы должны чутко улавливать и анализировать особенности излучения даже тогда, когда в нашем распоряжении оказывается малое число зарегистрированных фотонов. Одна из основных трудностей — невозможность построить светосильные и достаточно широкоугольные фокусирующие системы с такими же характеристиками, как у линзовых и зеркальных систем, работающих в видимой части спектра.

В большинстве оптических приборов, строящих изображение (лупа, микроскоп, телескоп-рефрактор, бинокль, фотоаппарат), лучи фокусируются линзой (или системой линз), которая копирует форму чечевицеобразного хрусталика в глазу позвоночных, созданного из веществ с относительно большим коэффициентом преломления. В других приборах (например, зеркальный объектив телескопа-рефлектора) излучение фокусируется с помощью зеркала (или системы зеркал) специальной фор-



*Схема рентгеновской зеркальной фокусирующей системы параболоид — гиперболоид. (Для наглядности углы падения лучей уменьшены)*

мы. К сожалению, в рентгеновской области спектра эти способы фокусировки нельзя использовать, поскольку обычное зеркальное отражение отсутствует, а коэффициент преломления заметно отличается от единицы лишь в области малых энергий фотона, где нет достаточно прозрачных материалов, пригодных для изготовления линз. Впрочем, при особых условиях фокусировка рентгеновских лучей все же возможна. Во-первых, при небольшой энергии фотонов и очень больших углах падения происходит «скользящее» отражение, аналогичное известному в видимой части спектра явлению полного внутреннего отражения. На этой основе уже созданы рентгеновские зеркальные телескопы, которые были установлены на советской орбитальной станции «Салют-4» (Земля и Вселенная, 1976, № 1, с. 23—28.— Ред.), голландском спутнике ANS (Astronomical Netherlands Satellite) и американском спутнике «Эйнштейн» (HEAO-2). Но оптическая схема этих телескопов (параболическое зеркало «скользящего» падения или комбина-

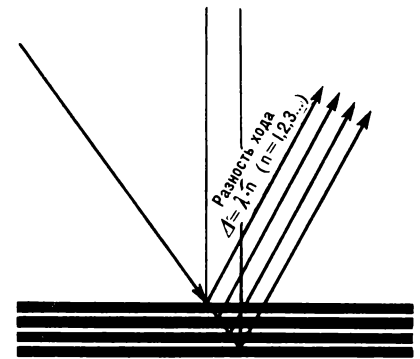
ция зеркал параболоид-гиперболоид) имеет большие недостатки. Она работает удовлетворительно лишь в пределах очень узкого поля зрения (не более  $1^\circ$ ) и при энергиях фотонов меньше 4 кэВ. В результате зеркальные телескопы оказываются практически бесполезными при решении такой важнейшей задачи, как, например, «охота» за космическими рентгеновскими и гамма-всплесками, природа которых остается пока неясной (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 34—37.— Ред.).

Кроме того, в «классической» области энергий рентгеновской астрономии, 2—10 кэВ, наблюдается и может быть практически использовано своеобразное «отражение» лучей от кристаллов. На этой основе уже созданы и успешно запускались на высотных ракетах приборы для анализа излучения космических источников — спектрометры и поляриметры. Но и здесь отражение ограничено узкими диапазонами энергий фотонов и углов падения лучей.

Фактически в классической области энергий почти всю информацию о координатах источников на небе, их размерах и структуре сегодня получают косвенными методами, без прямого построения изображения. Это положение в рентгеновской астрономии радикально отличается, например, от медицинской рентгенографии. Для нее с момента открытия рентгеновских лучей и вплоть до последнего времени были типичны именно методы фото- и киносъемки изображения. Напомним, как это делается. Излучение от «точечного» источника (анод рентгеновской трубки) проходит через исследуемый

обходимостью построить отображающую систему при отсутствии подходящих преломляющих и отражающих материалов — природа столкнулась еще много миллионов лет назад. И нашла вполне удовлетворительное решение, создав светосильные и широкоугольные фокусирующие системы (видимого диапазона) на основе зеркальной оптики!

### ЗЕРКАЛЬНАЯ ОПТИКА В ГИДРОКОСМОСЕ



*Многослойное диэлектрическое зеркало (схема)*

есть яркость изображения в рыбьем глазу в 17 раз меньше. А совсем недавно английский ученый М. Лэнд обнаружил зеркальную оптику и у других обитателей моря. Так, у моллюсков *Pecten* на мантии равномерно распределено около полусотни карих и голубых глаз со сферическими зеркальцами.

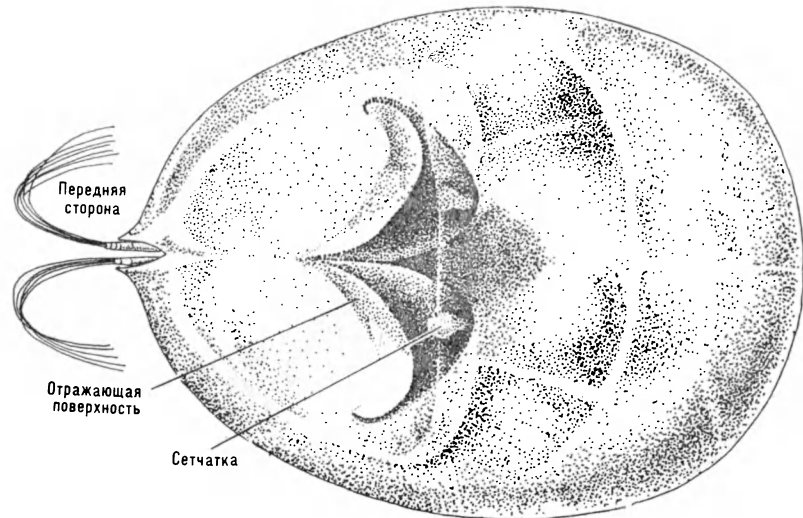
*Глубоководный рачок *Gigantocypris*. Зеркальные отражатели глаз и сетчатка видны в виде столбиков, расположенных вдоль оптической оси глаза. Глаза защищены прозрачными «окнами» в оранжевом панцире, прикрывающем тело рачка. (Общий размер около 1 см) Scientific American, 1978, 239, 6.*

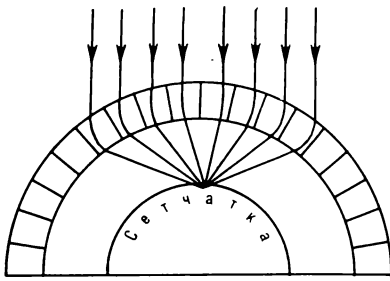
объект, где ослабляется в различной степени, в зависимости от плотности соответствующих тканей. Получающаяся «теневая картина» фиксируется на фотопленке, располагаемой вблизи исследуемого объекта. Эту картину с полным основанием можно назвать непосредственным изображением объекта. В рентгеновском телескопе, установленном на ракете, также получается «теневая картина»: излучение исследуемого источника последовательно проходит через более или менее сложную систему щелей, сеток и отверстий, на выходе которой стоит высокочувствительный фотоэлектрический приемник излучения. Последний, подобно фотопленке, фиксирует расположение пятен и теней. Но в этом случае, в отличие от медицинского снимка, все особенности «объекта» — щели и отверстия — известны заранее и выбраны так, чтобы «теневая картина» получалась существенно различной в зависимости от положения источника в поле зрения телескопа, его размеров и структуры. Для получения однозначной информации о рентгеновском источнике в ряде приборов необходимы измерения при различной ориентации по отношению к источнику (сканирование). Как правило, получаемая «теневая картина» внешне не имеет ничего общего с расположением источников на небе, и для реконструкции изображения необходимо проводить сложные расчеты на ЭВМ.

Казалось, что нет надежды «увидеть» с помощью приборов рентгеновское небо. Но, как часто бывает, совершенно неожиданно выяснилось, что с аналогичной трудностью — не-

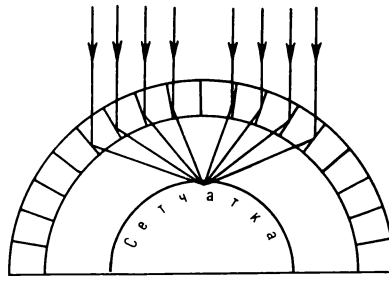
Еще два десятка лет назад никому и в голову не приходило искать аналог зеркальной оптики в живой природе. Предполагали, что эффективное отражение можно получить только от металла — материала, недоступного животному миру. Этот психологический барьер был преодолен после изобретения многослойных диэлектрических зеркал, состоящих из чередующихся тонких слоев прозрачных веществ с большим и малым коэффициентами преломления.

Удалось обнаружить и в живой природе зеркальные системы, строящие изображение. В 1956 году английский ученый А. Харди установил, что у глубоководного рачка *Gigantocypris* фокусирующим элементом глаза служит зеркало сложной формы («гибрид» парабооида и сферы), обеспечивающее невиданную светосилу 1:0,31. Напомним, что у большинства рыб, например, светосила «линзовых» глаз не выше 1:1,25, то





Устройство многолинзового глаза ночных насекомых (слева) и многозеркального глаза рака (справа). Благодаря радиальной неоднородности коэффициента преломления в глазу насекомых и наличию зазора между линзами и сетчаткой отдельные изображения совмещаются в одно. Зеркальные отражатели в рачьем глазу также фокусируют лучи в одну точку  
*Scientific American, 1978, 239, 6.*



рачьем глазу систему миниатюрных зеркальных отражателей, которые и производят фокусировку. Каждый отражатель представляет собой короткую трубку квадратного сечения с зеркальными внутренними стенками.

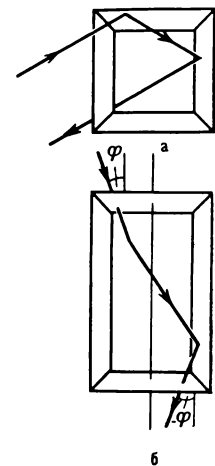
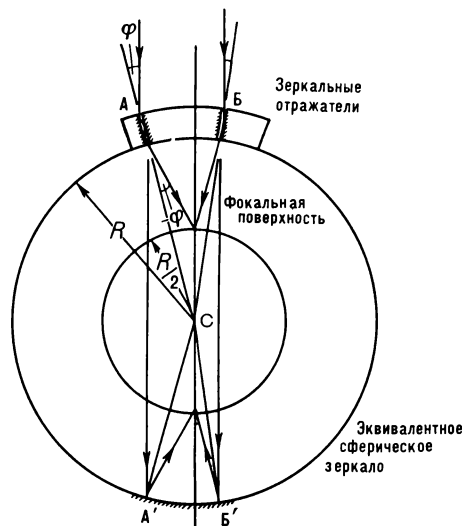
Проследим ход пучка параллельных лучей, попавших в такой отражатель. Если пучок направлен строго вдоль оси трубки, отражения от стенок не произойдет и на выходе трубки будет тот же пучок квадратного сечения, что и на входе. Если пучок в плоскости чертежа падает на отражающую поверхность трубки под углом скольжения  $\varphi$ , то те лучи, которые испытали одно отражение от вертикальных стенок трубки (или их нечетное число), выйдут из нее под углом  $-\varphi$  (квадратное сечение пучка при этом сохраняется). После двух (или четного числа) отражений пучок выходит из трубки под углом  $\varphi$ ,

то есть не меняя первоначального направления. Те же соотношения углов справедливы для лучей, пересекающих плоскость чертежа и отражающихся, соответственно, горизонтальными стенками. В общем случае пучок, падающий под углом к оси трубки, отражается от вертикальных и горизонтальных стенок. «Нечетно отраженные» лучи, прошедшие через трубки, радиально расположенные на сфере  $R$ , фокусируются на сфере радиуса  $R/2$  — как раз там, где в рачьем глазу располагается сетчатка. Качество изображения получается такое же, как в случае фокусировки сферическим зеркалом (если пренебречь тем, что точка отображается в пяти квадратного сечения с размерами, равными сечению отражателя). «Четно отраженные» лучи вообще не фокусируются в правильное изображение, а дают более или менее равномерную засветку, несколько

Схема фокусировки лучей. Слева — ход однократно отраженных лучей в глазу рака и аналогичный ход лучей при отражении от сферического зеркала. Справа — ход лучей через зеркальный отражатель (по одному отражению от горизонтальной и вертикальной стенок): а — вид сверху, б — вид сбоку  
*Astrophysical Journal, 1979, 233, 1.*

Особенно оригинальным оказалось устройство многозеркального глаза речного рака и его морских сородичей. Кстати, рачий глаз вполне может конкурировать даже с современными рукотворными объективами (фокусное расстояние 1,5 мм, светосила 1:0,7, поле зрения несколько больше  $180^\circ$ ). Более полувека (с 1891 г.) ошибочно считалось, что глаз рака устроен подобно многолинзовому — «фацеточному» глазу ночных насекомых: каждая линза строит свое изображение предмета, а благодаря общей радиальной неоднородности коэффициента преломления отдельные изображения собираются на одном участке сферической сетчатки, что обеспечивает высокую яркость изображения.

Но в 1962 году голландец В. Куипер обнаружил, что коэффициент преломления в рачьем глазу невелик и совершенно недостаточен для фокусировки! К тому же полностью отсутствует радиальная неоднородность коэффициента преломления, необходимая для совмещения отдельных изображений в одно. Парадокс удалось разрешить лишь в 1975 году, когда К. Фогт (ФРГ) обнаружил в





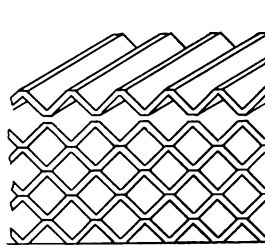
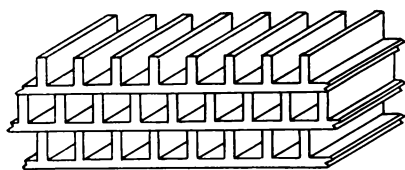
ко снижающую контраст изображения.

Сказанное делает понятным «квадратную» структуру рачьего глаза, поскольку лишь квадратные (или прямоугольные) отражатели способны обеспечить зеркальную фокусировку. Характерное же для глаз насекомых шестигранное — «сотовое» расположение линз соответствует их наиболее плотной «упаковке», возможной, поскольку форма линзовой «оправы» никак не влияет на качество изображения.

Использование современных методов электронной микроскопии позволило разобраться и в устройстве отражающих поверхностей рачьего глаза. Оказалось, что они построены из чередующихся тончайших слоев цитоплазмы (коэффициент преломления 1,34) и плоских кристалликов гуанина (1,83). Кстати, именно гуанин придает характерный блеск чешуе рыб. У живого рака отражающие зеркальца не видны. Эти зеркальца общей толщиной около 1 мкм долго не удавалось обнаружить еще и потому, что при обычных методах фиксации препаратов их отражающая структура полностью разрушается.

#### «РАЧИЙ ГЛАЗ» — НОВЫЙ ТИП РЕНТГЕНОВСКОГО ТЕЛЕСКОПА

Несколько лет назад необычными свойствами рачьего глаза и возможностями применения аналогичных зеркальных систем в рентгеновской астрономии заинтересовался американский астрофизик Дж. Эйнджел. Разумеется, в рентгеновской области спектра речь идет только о «скользящем» отражении лучей. Поэтому светосила рентгеновского «рачьего глаза» не сможет превысить 1:8. В сравнении с оптическим прототипом это, конечно, немного. Но перед другими известными рентгеновскими фокусирующими системами имеются такие неоспоримые преимущества, как неограниченное (4π) поле зрения и высокое — до нескольких секунд дуги — разрешение по всему полю зрения, а также относительно широкая область энергий фотонов — от 0,1 до 10 кэВ. Привлекает и относительная простота создания зеркала с большой эффективной площадью,



*Возможная геометрия пластин, образующих «пучок» зеркальных отражателей*  
*Astrophysical Journal, 1979, 233, 1.*

после того как будет решена задача изготовления небольших зеркал.

Рассмотрим подробнее детали нового телескопа, который профессор Эйнджел предлагает вывести на космическую орбиту. Диаметр зеркальной системы телескопа составит 2,5—3 м. При меньших размерах эффективная светосила недостаточна для быстрой регистрации кратковременных рентгеновских всплесков. Зеркальные отражатели должны быть сделаны в виде трубок сечением  $1 \times 1$  мм<sup>2</sup> и длиной 100 мм. Длина трубок определяется необходимостью исключить многократное отражение (лишь ухудшающее качество изображения) для всех лучей в пределах допустимого диапазона углов падения (около 89—90° в рентгеновской области и примерно 45—90° — в видимой). В видимой области спектра, где допустимы малые углы падения лучей, оптимальное отношение длины трубки к ее сечению намного меньше — около 2 (что и наблюдается, например, в глазу омара). Сечение трубок влияет на качество изображения и непосредственно. Чем трубка уже, тем меньше размеры квадратного пятна, в которое отображается точечный источник. Но, с другой стороны, на отверстия трубки происходит дифракция, которая «размазывает» лучи на углы порядка  $\lambda/D$ , где  $\lambda$  —

длина волны,  $D$  — диаметр отверстия. Расчет качества изображения с учетом обоих факторов показывает, что оптимальный размер трубок для глаза омара 29 мкм. Реально он равен 67 мкм, что следует признать достаточно близким к расчетной величине (не исключено, что с дальнейшим ходом «рачьей эволюции» и уточнением расчетов согласие станет еще лучше).

А вот у конструкторов такая технически сложная задача, как изготовление миллионов зеркальных рентгеновских отражателей с очень высоким качеством полировки поверхности, остается пока нерешенной. Кроме того, надо аккуратно расположить отражатели на сферической поверхности входного зрачка телескопа. Но эти задачи в принципе разрешимы. При создании отражателей, по-видимому, можно будет использовать автоматизированную технологию высокоточной обработки металлов и твердых пластмасс. Очевидно, что не обязательно располагать отражатели совершенно равномерно на поверхности сферы. Без заметного ухудшения качества изображения отражатели можно собрать в почти параллельные «пучки», которые, в свою очередь, будут монтироваться в ячейках «роговицы» космического глаза. В качестве детекторов могут быть использованы координато-чувствительные приемники, позволяющие получить изображение. Например, газоразрядные счетчики фотонов или некоторые новые типы фотоумножителей. Подобные детекторы уже применены в телескопах спутника «Эйнштейн».

Можно надеяться, что после вывода на орбиту «рачий глаз» впервые позволит осуществить высокочувствительный рентгеновский патруль всей небесной сферы, регистрацию переменных и вспыхивающих источников, одновременный анализ их спектра в широком диапазоне энергий. Но пока успешно испытан лишь простейший макет предлагаемого телескопа. Предстоит еще многолетняя работа по разработке методов изготовления зеркальных отражателей и совершенствованию детекторов излучения.



ОХРАНА  
ПРИРОДЫ

Доктор географических наук  
**АВАКЯН А. Б.**  
Член-корреспондент АН СССР  
**ВОРОПАЕВ Г. В.**  
Доктор технических наук  
**КАМИНСКИЙ В. С.**

## Водные ресурсы СССР

**Среди множества задач рационального природопользования одно из главных мест занимает проблема обеспечения водой населения и народного хозяйства.**

«МОКРЫЙ ШАР ВО ВЛАЖНОЙ  
ОБОЛОЧКЕ»

С понятием «минерал» часто связывают представление только о твердых горных породах. Однако в результате физико-химических процессов в земной коре образуются не только твердые, но и жидкие минералы. Вода — один из них и, пожалуй, самый распространенный и важный. Она составляет от 80 до 99% массы всех растений и около 75% массы животных. Без воды немислима человеческая деятельность: работа промышленности, транспорта, строительство. Вода — дешевый источник энергии и переносчик грузов. Незаменяема она и в быту.

Еще каких-нибудь тридцать лет назад гидрологи и специалисты по водному хозяйству не представляли себе, насколько острой станет в наши дни проблема обеспечения водой населения и хозяйства, ведь, казалось бы, воды на Земле так много. Нашу планету в шутку даже называли «мокрым шаром во влажной оболочке». Общее количество поверхностной воды измеряется гигантской цифрой — более 1400 млн. км<sup>3</sup>. Это означает, что каждый житель Земли — владелец примерно десятка таких водохранилищ, как Можайское в Подмосковье.

Но пресной воды, к сожалению, на

Земле не так уж много, всего 2,5% общего количества, к тому же больше половины ее «законсервировано» в ледниках и снежниках (Земля и Вселенная, 1968, № 1, с. 39—44.— Ред.).

### ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО СССР

Советский Союз принадлежит к числу стран, богатых водными ресурсами: пресной воды на душу населения в среднем у нас почти в 1,5 раза больше, чем в других странах. Но ежегодное потребление ее непрерывно возрастает (только за последние 30 лет оно увеличилось почти в 4 раза).

Сначала водные ресурсы в нашей стране, как и во всех странах мира, использовались локально — в отдельных точках или створах рек, затем на каких-то их участках, теперь же в экономически развитых и обжитых районах комплексно используются водные ресурсы всего речного бассейна. В перспективе предполагается сильно расширить перераспределение стока между различными бассейнами (сейчас это уже частично делается), а в следующем столетии на территории нашей страны, видимо, будет создана единая водохозяйственная система.

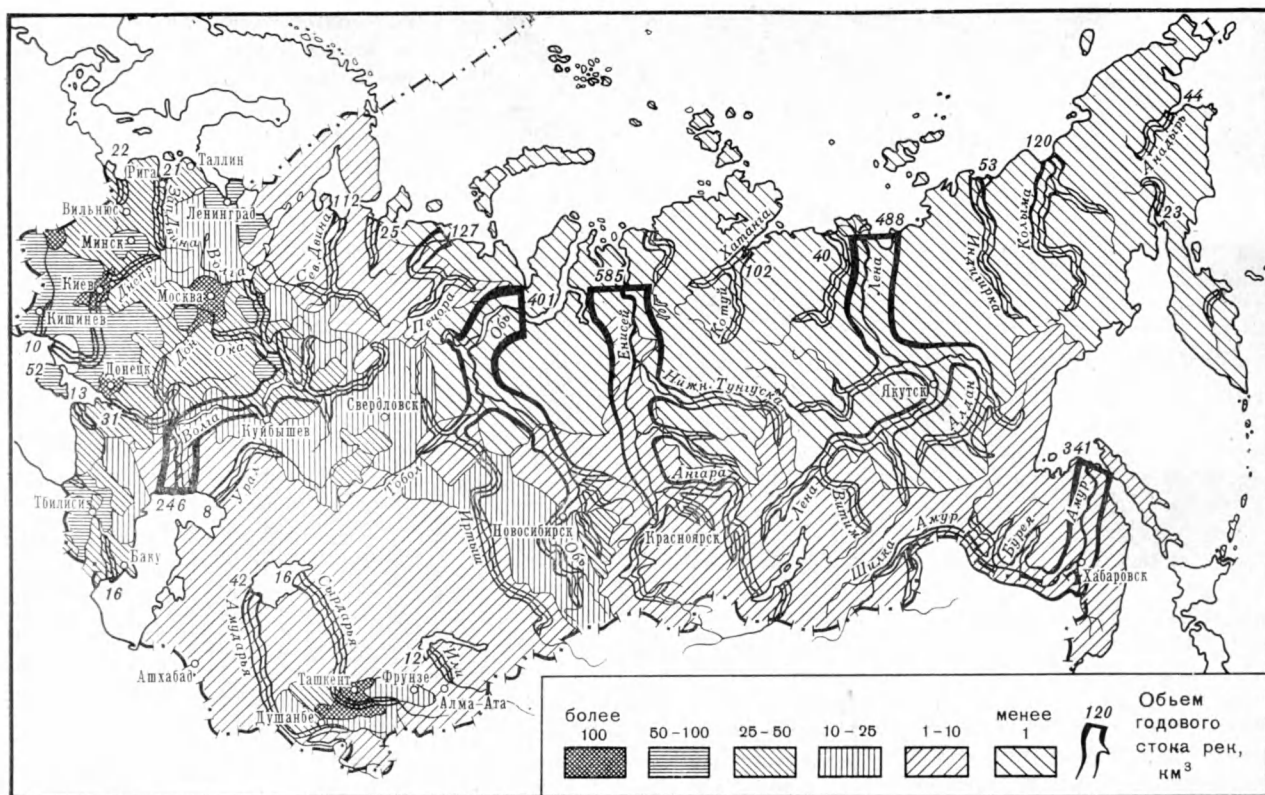
В СССР достигнуты существенные успехи в использовании водных ресурсов. Орошается более 17 млн. га плодородных земель, очищается около 20 км<sup>3</sup> возвратных промышленных, коммунальных и сточных вод. 92% городов и промышленных предприятий имеют централизованное водоснабжение, а общая емкость двух тысяч водохранилищ превышает

1000 км<sup>3</sup>. Суммарная мощность гидроэлектростанций превосходит 40 млн. кВт, а годовая выработка электроэнергии составляет в среднем около 180 млрд. кВт·ч. На площади более 200 тыс. га созданы прудовые рыбоводные хозяйства, а в плотинах гидроэлектростанций сооружены рыбоподъемники и рыбоходы, на многих участках рек и водоемов созданы искусственные нерестилища.

### ПОЧЕМУ ВОЗНИКАЮТ ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ?

Для снабжения водой населения, промышленности, сельского хозяйства необходимо соблюдение определенных условий — достаточный объем воды соответствующего качества должен подаваться в оптимальном временном режиме. При нарушении хотя бы одного из этих условий неизбежно возникают проблемы. Ведь если мы имеем много воды, но загрязненной, или имеем воду надлежащего качества и в нужном объеме, но поступающую нерегулярно, мы будем испытывать большие затруднения. И, конечно, ни о каком нормальном водообеспечении не может быть и речи, если воды существенно меньше, чем ее требуется.

Распределение речного стока по территории страны весьма неравномерно — 84% ресурсов поверхностных вод приходится на бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов, куда впадают крупнейшие реки. На северо-западные районы, бассейн Черного и Азовского морей и Арало-Каспийскую низменность, где сосредоточено 75% населения и 80% промышленности и сельскохо-



*Плотность населения в СССР — число жителей на 1 км<sup>2</sup> (обозначено различной штриховкой) и обеспеченность его водой. Цифрами указан объем годового стока рек (км<sup>3</sup>)*

зайственного производства, приходится всего лишь 16% водных ресурсов. Особенно в трудном положении находятся республики Средней Азии и Казахстан. Многие реки часть года не имеют там постоянного течения, то есть пересыхают.

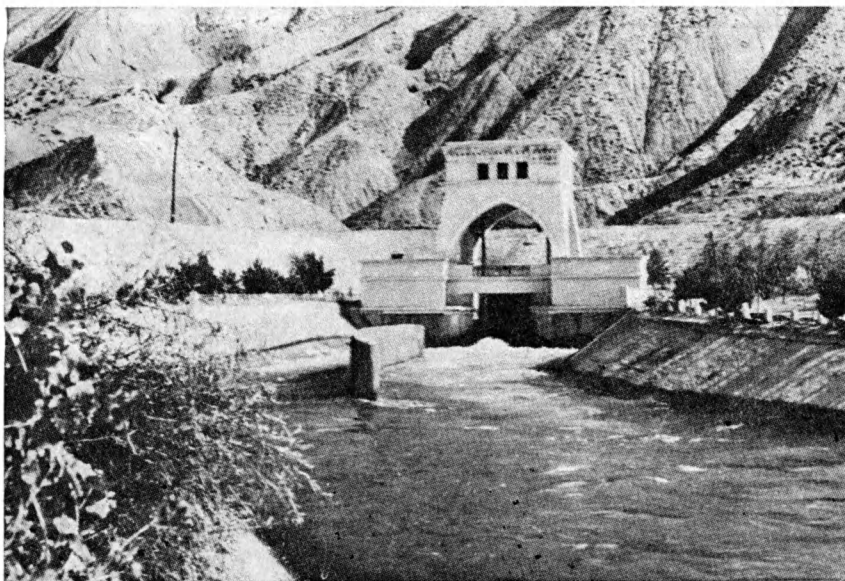
Вторая естественная причина, вызывающая водные проблемы,— это неравномерное распределение стока и по сезонам. Больше половины стока рек европейской части СССР, Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока проходит за 2—3 месяца весеннего половодья. В южных же районах страны, например в Казахстане, весенний паводок захватывает 90%, а то и 95% годового стока местных рек. Значительными иногда бывают колебания в бассейнах рек от

года к году. Особенно сильно это сказывается в засушливых районах. Объем воды, проходящий по руслам рек, в маловодные годы здесь в 100 раз меньше, чем в многоводные. Те и другие годы обычно группируются, то есть повторяются несколько раз. И если многоводье, как правило, длится 2—3 года, то маловодные годы нередко следуют друг за другом 6—7 раз подряд, а в отдельных случаях и 15—20.

В последние десятилетия водные проблемы обострились и в связи с хозяйственной деятельностью. В обжитых районах страны не осталось ни одной крупной реки, режим которой не изменился бы под воздействием человека. Существенное влияние в этом отношении оказали агротехнические и лесомелиоративные мероприятия, урбанизация, в результате которой десятки и сотни тысяч квадратных километров поверхности Земли покрылись различного рода сооружениями и асфальтом. Определенную роль сыграли также ороси-

тельная и осушительная мелиорация, охватившая многие миллионы гектаров площади.

Решающее влияние на режим речного стока и качество воды оказали водохранилища, забор воды промышленными и коммунальными предприятиями, сброс загрязненных вод в бассейны. Годовой сток таких рек, как Днепр, Кубань, Урал, Терек, Сырдарья, Амударья, уменьшился на 17—25% (в маловодные годы снижение доходит до 40—60%). А ведь каких-то два с половиной десятилетия назад снижение стока в бассейнах этих рек не превышало 2—5%. Около 70% безвозвратного потребления воды в нашей стране идет на орошаемое земледелие. При наиболее широко распространенном в настоящее время способе полива по бороздам непродуктивно теряется до 40% подводимой на поля воды. Согласно некоторым расчетам, полная реконструкция оросительных систем в Средней Азии и Казахстане может сэкономить более 10 км<sup>3</sup> воды в год.



*Портал у входа  
Верхне-Карабахского канала*

Итак, возникновение проблемы пресной воды обусловлено как естественными природными факторами, так и хозяйственной деятельностью. К первым относят неравномерное распределение водных ресурсов по территории, а также вредное воздействие вод, ущерб от которого все возрастает. Хозяйственная же деятельность быстро увеличивает потребление свежей воды и возврат в источники загрязненных вод, что неизбежно приводит к загрязнению водных объектов. За многие десятилетия в ряде водоемов произошло накопление загрязняющих веществ, и это еще более обострило водные проблемы, так как возникла опасность вторичного загрязнения водных объектов. Создание оптимального гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режима рек, водохранилищ, озер, внутренних и окраинных морей стало в настоящее время одной из наиболее актуальных задач развития нашего общества.

#### ПУТИ РЕШЕНИЯ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ

Чтобы обеспечить равномерное поступление воды потребителям в течение

всего года, необходимо дальнейшее регулирование стока рек, а следовательно, сооружение новых водохранилищ. Но прежде чем вводить в эксплуатацию новые водохранилища, нужно тщательно изучать и анализировать возможные последствия их создания. С максимальной тщательностью следует выбирать параметры водохранилищ, разрабатывать мероприятия, связанные с режимом их эксплуатации и характером использования мелководий. Каждый искусственный водоем нужно рассматривать одновременно как хранилище ценнейшего ресурса — воды, как регулятор речного стока, как источник и аккумулятор гидроэнергии, как акваторию, используемую в различных народнохозяйственных целях. При этом всегда следует учитывать, что водохранилища изменяют исходные качества речной воды и вносят различные изменения в экосистемы рек, в природу и хозяйство речных долин и приустьевых участков озер и морей.

Накопленный опыт подсказывает, что в дальнейшем будут, по-видимому, сооружаться лишь средние и небольшие водохранилища. Крупные намечается строить только на некоторых сибирских реках и на трассах переброски речного стока.

Поскольку водные ресурсы, население, промышленное и сельскохо-

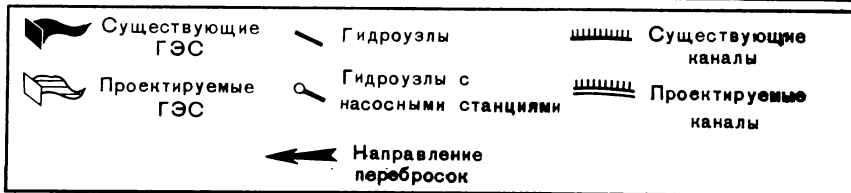
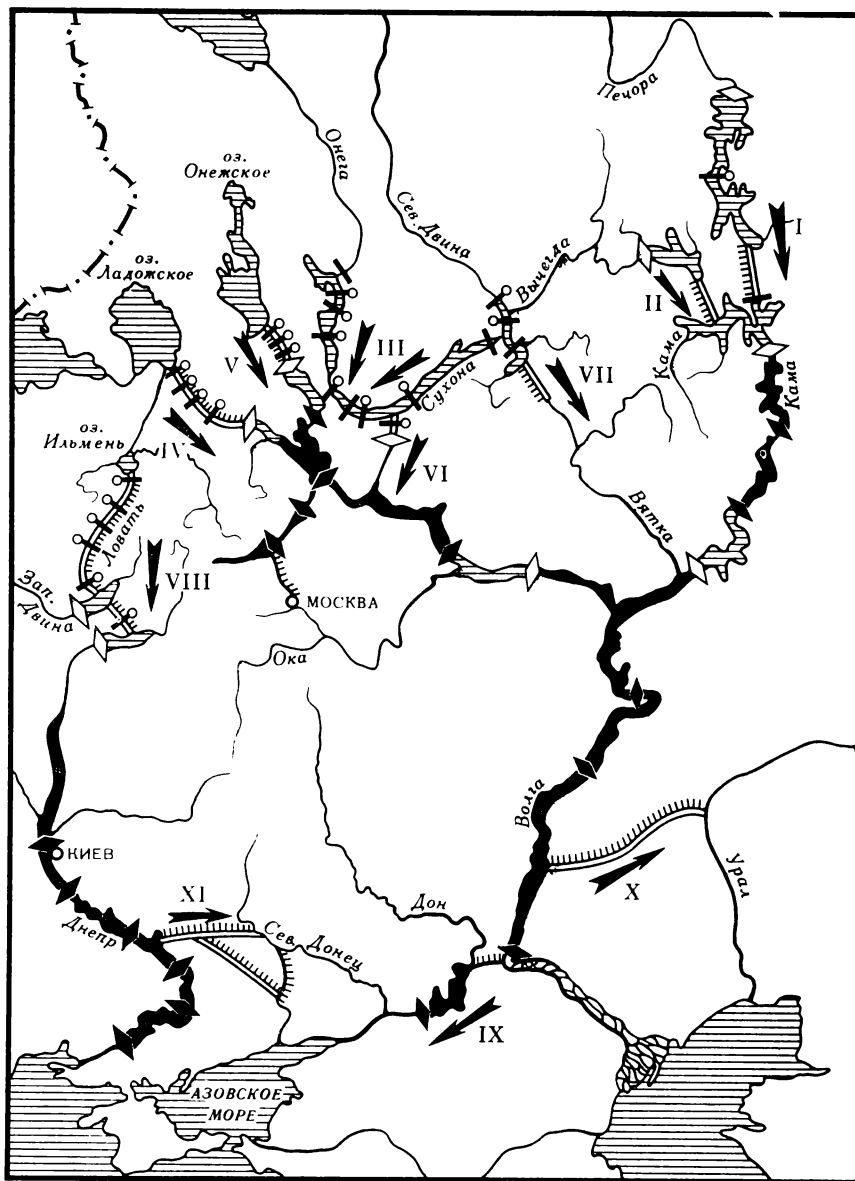
зяйственное производство размещены неравномерно, водные проблемы не всегда можно решить лишь путем создания водохранилищ. К тому же в ряде районов возможности регулирования стока практически исчерпаны. Поэтому все чаще возникает необходимость территориального перераспределения водных ресурсов.

В настоящее время действуют около 30 каналов, пропускной способностью более  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  каждый, в том числе Волго-Донской судоходный канал имени В. И. Ленина, канал Иртыш — Караганда и одно из величайших сооружений нашей гидротехники — Каракумский канал. Разрабатываются проекты пополнения водных запасов Дона, Урала, Кубани, Терека волжской водой, обеспечения Донбасса водами Днепра.

Непрерывный рост водопотребления в южных районах страны привел к тому, что сток в бассейн Каспийского моря уменьшился на 10%, в бассейн Азовского моря — примерно на 25%, а в бассейн Аральского моря более чем на 30%. В результате снизился уровень Каспия и Арала и возросла соленость этих морей, что пагубно сказалось и сказывается на их экосистемах и многих отраслях народного хозяйства. Поэтому и возникла необходимость пополнить водные ресурсы южных рек за счет водообильных рек севера.

Проектно-изыскательские и научно-исследовательские институты страны разработали свыше 50 вариантов трасс внутрибассейновых и межбассейновых соединений в европейской части СССР. Наиболее реальными представляются проекты, в соответствии с которыми часть стока северных рек Печоры, Сухоны, а также часть воды озер Онежского и Кубенского, Лача и Воже предполагается направить на юг в бассейн Волги системой водохранилищ, каналов и насосных станций.

При составлении всех этих проектов ученые и инженеры заботятся о сохранении природной среды северной зоны. Предварительные исследования, проведенные гидрологами, гидрохимиками, гидробиологами, географами и другими специалистами,



*Некоторые варианты переброски стока северных рек на юг:*

- I — Печорско-Камский,*
- II — Вычегодо-Камский,*
- III — Кубенско-Шекснинский,*
- IV — Ладожско-Волжский,*
- V — Онежско-Волжский,*
- VI — Сухоноско-Костромской,*
- VII — Южно-Вятский,*

*VIII — Ловать — Днепр,*

*IX — Волга — Дон,*

*X — Волга — Урал,*

*XI — Днепр — Донбасс*

показали, что намечаемое в первую очередь изъятие части стока северных рек европейской части СССР в объеме до 20 км<sup>3</sup> не вызовет существенных отрицательных последствий в этом регионе. Некоторые же местные затруднения, которые могут возникнуть при осуществлении проектов, можно ликвидировать или смягчить комплексом инженерно-технических мероприятий. Предлагаемые варианты перераспределения стока непрерывно совершенствуются. Например, площадь водохранилищ, намечавшихся на реке Печоре для переброски части ее стока в бассейн Волги, в позднейших проектных вариантах удалось сократить в 5 раз. Чтобы свести к минимуму затопляемые площади, предусматривается практически не повышать уровень тех озер, из которых будет отбираться часть стока. И, наконец, предполагается использовать морские заливы путем отгораживания их дамбами и постепенного распреснения их вод. В частности, изучается возможность превращения в пресноводное водохранилище Онежской губы Белого моря.

Сейчас разработано несколько вариантов переброски стока сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан в размере 25 км<sup>3</sup>. Наиболее реальный путь — это создание водозабора на реке Оби, в месте слияния ее с Иртышом, и переброска ее вод по каналу протяженностью более 2000 км, который идет через Тургайский водораздел к низовьям Сырдарьи и Амударьи.

Но прежде чем приступить к реализации проектов второй очереди территориального перераспределения водных ресурсов, необходимо провести фундаментальные исследования в целях прогнозирования социально-экономического развития СССР и связанного с ним водопотребления на отдаленную перспективу, разработки модели единой водохозяйственной системы страны и выявления экологических последствий намечаемых водохозяйственных мероприятий.

Большое значение приобретает деминерализация воды. Даже относительно дорогие дистилляционные методы опреснения соленых внутрикон-

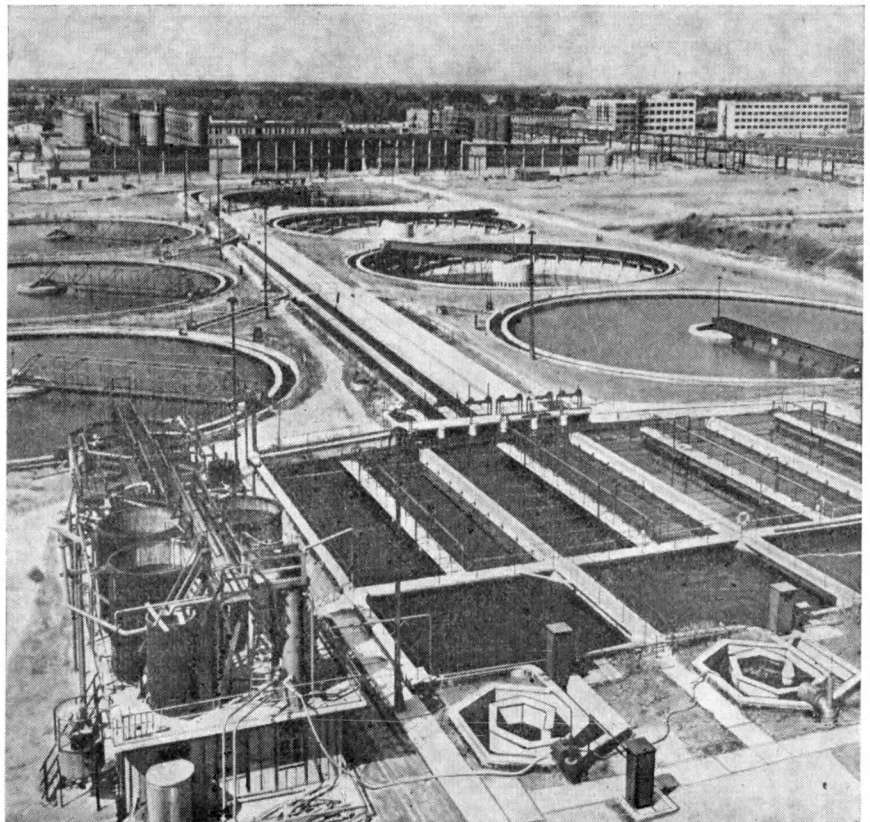


тинентальных и морских вод в районах, где нет пресной воды, оказываются экономически более выгодными, чем доставка ее из других областей. Пример тому — город Шевченко, потребность которого в воде полностью покрывается опреснением воды, забираемой из Каспийского моря. В последние годы созданы новые мембранные методы опреснения соленой воды, в частности, метод гиперfiltrации или обратного осмоса (filtrация через полупроницаемую мембрану, отделяющую раствор от чистого растворителя).

#### БОРЬБА С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОД

Большинство рек, протекающих в экономически развитых районах, водохранилищ, озер и внутренних морей в той или иной степени подвержено воздействию промышленных и коммунально-бытовых сточных вод, стоков с сельскохозяйственных угодий, животноводческих комплексов и городских территорий. Загрязняют реки водный транспорт, вещества, выбрасываемые в атмосферу промышленными предприятиями, отходы при добыче полезных ископаемых, особенно нефти, и выбросы «маломерного» флота — катеров и моторных лодок.

Существуют, конечно, способы очистки сточных вод, построены очистные сооружения. Но даже наиболее совершенные из этих сооружений освобождают сточные воды от органических загрязнений только на 80—90% и лишь в отдельных случаях на 95%. Поэтому для сохранения нормального биологического режима в бассейне после очистки приходится производить 6—12-кратное, а то



*Общий вид современных очистных сооружений. Круглые бассейны — отстойники. На переднем плане — аэраторы*

и большее разбавление сточных вод чистой водой.

Очевидно, необходимо создавать предприятия с безотходной технологией и организовывать такие территориально-производственные комплексы, в которых отходы одного предприятия служили бы сырьем для другого. В нашей стране уже имеются предприятия, приближающиеся к безотходным. Методы безотходной технологии применяются в промышленности по переработке материалов для атомной энергетики, золотосодержащих руд, на тепловых электростанциях, предприятиях химической промышленности, в черной металлургии. Здесь неоднократно используют воду, находящуюся в оборотном водоснабжении, систематически очищая

ее от загрязняющих веществ. В промышленности СССР (включая теплоэнергетику) водооборот занимает сейчас почти 65% общего потребления воды. В черной металлургии, нефтепереработке и нефтехимии доля воды, находящейся в оборотном водоснабжении, составляет 85—90%. Промышленные предприятия с оборотным водоснабжением полностью прекратили загрязнение водных объектов.

Рациональное использование водных ресурсов: регулирование стока рек путем создания водохранилищ, опреснение соленых и очистка сточных вод, территориальное перераспределение части стока северных и сибирских рек, а также увеличение числа предприятий с оборотным водоснабжением — все это вселяет уверенность, что воды в СССР хватит и для нас, и для наших потомков.





Доктор физико-математических наук  
САГИТОВ М. У.  
Кандидат  
физико-математических наук  
МИЛЮКОВ В. К.

## Постоянная тяготения

**Как на опыте измеряют гравитационную постоянную, используемую не только в астрономии, но и в космических исследованиях, и науках о Земле? Меняется ли она во времени и пространстве?**

И. Ньютон в «Математических началах натуральной философии» в 1687 году впервые дал аналитическое выражение силы, с которой взаимодействуют две частицы массой  $m_1$  и  $m_2$ , находящиеся на расстоянии  $r$  друг от друга:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

В это выражение, названное позднее законом всемирного тяготения, Ньютон ввел **гравитационную постоянную**  $G$ , которая была необходима, чтобы согласовать размерность силы с размерностью массы и расстояния.

Закон Ньютона справедлив не только для Солнечной системы. Он распространяется и на гравитационное взаимодействие между удаленными астрономическими объектами, например, кратными звездами, звездными скоплениями, галактиками.

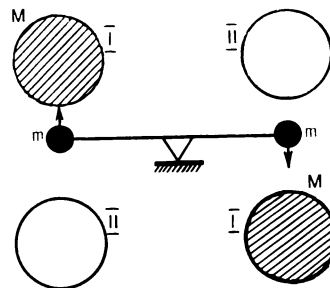
Гравитационная постоянная, выраженная в метрической системе единиц, долго оставалась безымянной, прежде чем ее назвали кавендишевой в честь известного английского физика и химика Г. Кавендиша (1731—1810). Он не только первым получил численное значение  $G$ , но и на опыте подтвердил справедливость закона тяготения Ньютона для небольших по массе земных тел. Рассчитывая гравитационное взаимодействие двух не-

больших тел, И. Ньютон допустил арифметическую ошибку. И по его расчетам вышло, что два шара диаметром 30 см (плотностью, равной средней плотности Земли), удаленные на четверть дюйма, сойдутся под действием взаимного притяжения через месяц после начала движения. (В действительности же это произойдет всего через несколько минут!) Отсюда Ньютон заключил, что наблюдать взаимное притяжение земных тел вряд ли возможно. Авторитет его был так велик, что долгое время никто даже и не пытался экспериментально измерить гравитационное взаимодействие земных тел. Первым это сделал Г. Кавендиш.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Все лабораторные способы определения  $G$ , имеющие почти двухвековую историю, условно можно разделить на две группы. В первой группе экспериментов сила гравитационного взаимодействия пробных масс сравнивается с **силой тяжести**, во второй группе — с **упругой силой крутильной нити**.

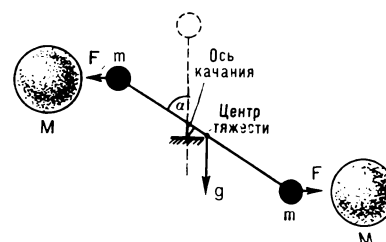
Примером эксперимента, относящегося к первой группе, может служить определение постоянной тяготения немецким физиком Ф. Йоли в Мюнхене в 1878 году. К одной из чашек предварительно уравновешенных **рычажных весов** подносилась большая пробная масса  $M$ . В результате равновесие весов нарушалось. Английский физик Д. Пойнтинг в том же году, а спустя шесть лет в Германии Ф. Рихарц и О. Кригар-Менцель модифицировали опыт Йоли. Во время эксперимента пробные массы меня-



*Схема опыта Д. Пойнтинга с рычажными весами. Перестановка пробных масс (заштрихованные и незаштрихованные) во время эксперимента учетверяла гравитационный эффект*

лись местами, что учетверяло гравитационный эффект. В опытах, которые проводил И. Вильзинг в 1885 году в Потсдаме, коромысло с пробными массами  $m$  располагалось на упоре таким образом, что центр тяжести был чуть ниже оси качания.

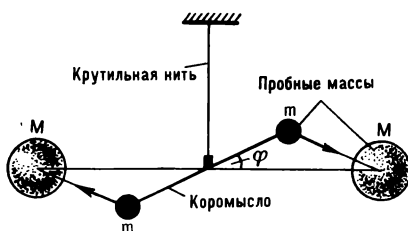
*Схема опыта И. Вильзинга, в которой гравитационная постоянная определяется по величине угла  $\alpha$  отклонения весов от вертикали*



Поэтому в исходном состоянии коромысло находилось в вертикальном положении. Но когда к пробным массам  $m$  подносились пробные массы  $M$ , коромысло отклонялось от вертикали до тех пор, пока момент сил взаимного притяжения этих масс не уравновешивался моментом силы тяжести. Величина притяжения, а следовательно, и гравитационная постоянная  $G$  определялись по величине угла отклонения весов от вертикали.

Основной рабочий инструмент второй, более многочисленной группы опытов — горизонтальные крутильные весы. Они представляют собой коромысло с равными пробными массами  $m$  на концах, которое подвешивается за середину на тонкой упругой нити. Под действием притяжения пробных масс коромысло закручивает нить до тех пор, пока момент упругих сил не станет равным моменту гравитационных, то есть угол закручивания определяется величиной гравитационного взаимодействия. Преимущество такого способа определения  $G$  в том, что гравитационное взаимодействие происходит в горизонтальной плоскости и не зависит от силы тяжести.

Первым, кто предложил использовать горизонтальные крутильные весы для определения постоянной тяготения, был англичанин Д. Мичел (1724—1793). Он изготовил аппаратуру, но осуществить эксперимент ему было не суждено. После его смерти вся аппаратура перешла к Кавендишу, который в 1797—1798 годах блестяще провел эксперимент и определил массу и среднюю плотность Земли, а также гравитационную постоянную. Лондонское королевское общество постоянно стимулировало работы по уточнению постоянной тяготения, массы и средней плотности Земли, поэтому в Англии такие эксперименты проводились неоднократно. Позднее гравитационную постоянную с помощью крутильных весов определяли в Германии (1838, 1852 гг.), Франции (1873, 1878 гг.), Венгрии (1896 г.), Австрии (1897 г.). Аппаратура и методика были весьма разнообразны. Ч. Бойс (Англия), например, применял кварцевую крутильную нить толщиной в несколько микрон, а коро-



Крутильные весы.  $\varphi$  — угол отклонения весов от положения равновесия

мысло в его приборе было длиной менее 2 см. Коромысла же крутильных весов Ф. Райха (Германия) и Ф. Бейля (Франция) достигали 2 м. Различными были масса, форма и материал пробных тел, их изготавливали из меди, золота, платины, ртути, свинца и других материалов. Оригинальный способ определения  $G$  предложил в 1900 году русский ученый А. Гершун. Если поверхность разлито ртути первоначально имеет радиус кривизны, равный радиусу Земли, то под действием поднесенной пробной массы он должен уменьшиться. А. Гершун предлагал измерять это уменьшение оптическим методом. Значение постоянной тяготения, которым пользуются до настоящего времени, получено с помощью крутильных весов в 1942 году П. Хейлом и П. Хржановским в Национальном бюро мер и стандартов США (Вашингтон). Авторы считали, что они достигли предела точности определения  $G$ . Однако успехи науки и метрологической техники за последнюю четверть века позволяют определять постоянную тяготения еще более точно.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ В ГАИШЕ

Первые в нашей стране эксперименты по определению  $G$  начались в середине 60-х годов в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга (ГАИШ) (Земля и Вселенная, 1979, № 5, с. 41—Ред.).

В основе этих экспериментов, как

и экспериментов Хейла и Хржановского, лежит динамический метод определения  $G$ . Из курса физики известно, что квадрат частоты колебаний крутильных весов ( $\omega$ ) выражается формулой:

$$\omega^2 = \frac{D}{I},$$

где  $I$  — момент инерции весов относительно оси крутильной нити;  $D$  — жесткость крутильной нити.

Если крутильную систему поместить в гравитационное поле пробных масс  $M$ , то под действием взаимного притяжения масс  $M$  и  $m$  возникает дополнительная «гравитационная» жесткость и квадрат частоты колебаний будет описываться другим выражением:

$$\omega^2 = \frac{D + G \frac{d\bar{m}}{d\varphi}}{I},$$

где  $G \frac{d\bar{m}}{d\varphi}$  — производная момента масс по углу отклонения крутильных весов от положения равновесия.

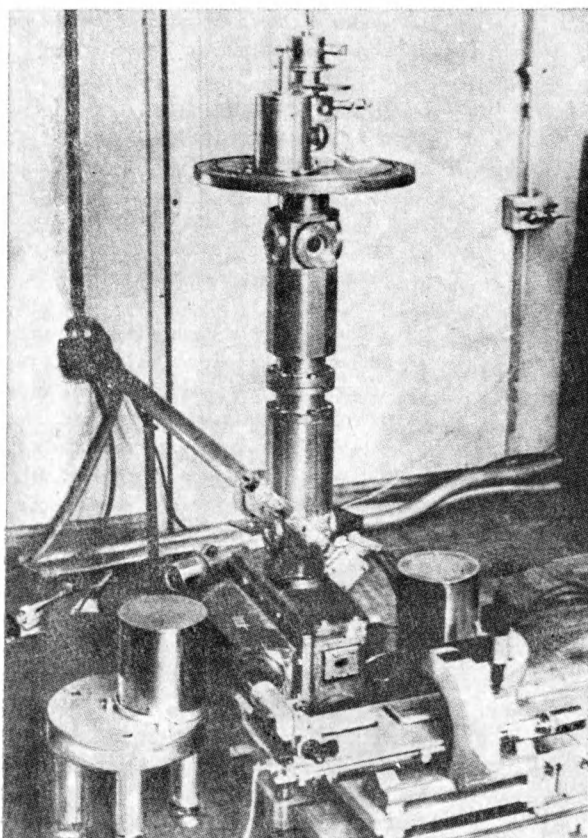
Частота крутильных колебаний измеряется в процессе эксперимента, гравитационная жесткость с точностью до коэффициента  $G$  и момент инерции вычисляются по величинам пробных масс, их геометрическим размерам и взаимному расположению. Остается два неизвестных параметра — жесткость  $D$  и гравитационная постоянная  $G$ . Поэтому для определения  $G$  необходимо измерить частоту крутильных колебаний по меньшей мере для двух различных положений пробных масс  $M$ . Тогда, постоянную тяготения можно найти из соотношения:

$$G = \frac{I [\omega_I^2 - \omega_{II}^2]}{\left(\frac{d\bar{m}}{d\varphi}\right)_I - \left(\frac{d\bar{m}}{d\varphi}\right)_{II}},$$

где индексы I и II соответствуют двум различным положениям пробных масс.

До начала опытов была уточнена теория эксперимента. Крутильные весы кроме основных колебаний могут совершать маятниковые (в двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях). На движение весов действуют также различные случай-





Общий вид установки ГАИШа для определения постоянной тяготения

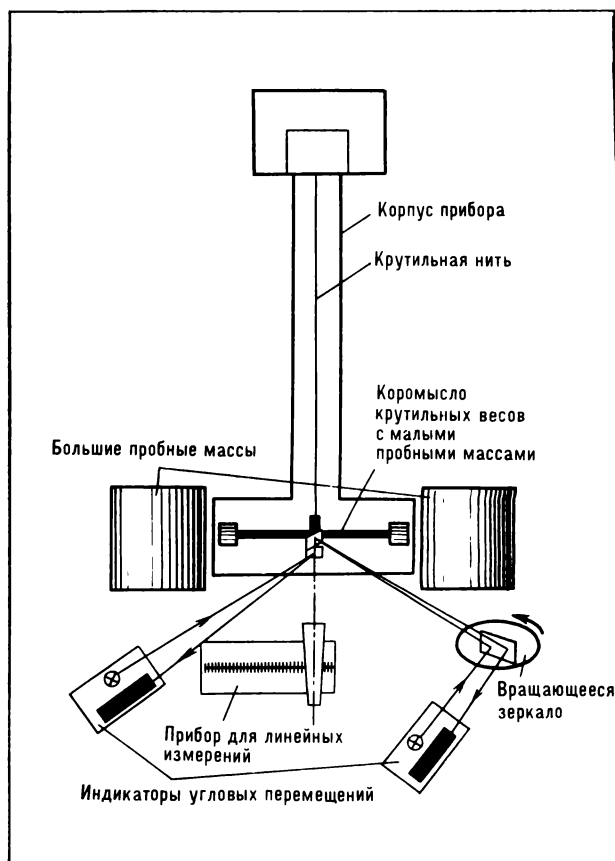


Схема экспериментальной установки ГАИШа

ные помехи, силы трения, обусловленные сопротивлением остаточного воздуха и внутренним трением в нити и т. д. Поэтому рассматривалась задача о движении крутильных весов в неоднородном гравитационном поле при наличии случайных помех. Задача эта описывалась системой сложных дифференциальных уравнений. Выражение для частоты крутильных колебаний — решение задачи — содержало много поправок, учитывающих неоднородность гравитационного поля, нелинейность колебаний, их затухание, влияние температуры. В ходе эксперимента поправки вносились в измеренное значение частоты, а затем вычислялось  $G$ . Теоретически удалось оценить влияние на крутильные весы притяжения Луны и Солнца, вариаций скорости вращения Земли, местных возмущений гра-

диентов гравитационного поля, магнитных и электростатических полей.

В экспериментальной установке ГАИШа введены некоторые **технические новшества**. Например, на пути светового луча устанавливается дополнительное равномерно вращающееся зеркало (период его вращения 20 секунд). При каждом обороте зеркала на выходе индикатора появляются два импульса — опорный, когда свет, отразившись от зеркала, возвращается в индикатор, и измерительный импульс, когда свет, отраженный от вращающегося зеркала, попадает на крутильную систему (длина крутильной нити 100 см, ее диаметр 32 мкм, длина коромысла 35 см) и, отразившись от нее и зеркала, возвращается в индикатор. Такая система работает по принципу радиолока-

тора, измеряющим азимут цели, и позволяет получать угловую координату крутильных весов в системе отсчета, связанной с индикатором. Так как период собственных колебаний весов был порядка 2300 секунд, то за одно полное колебание регистрировалось более сотни значений угловых координат весов. Время между импульсами измеряется электронными частотомерами, результаты выводятся на цифропечатающие машины и перфоленту и затем поступают в ЭВМ.

Пробные массы (как большие, так и малые) имеют форму прямых круговых цилиндров (у Хейла и Хржановского малые массы — шаровые), что гарантирует более высокую точность метрологических измерений. Большие пробные тела  $M$  массой около 40 кг изготовлены на заводе «Калибр» из немагнитных сортов стали. Пробные

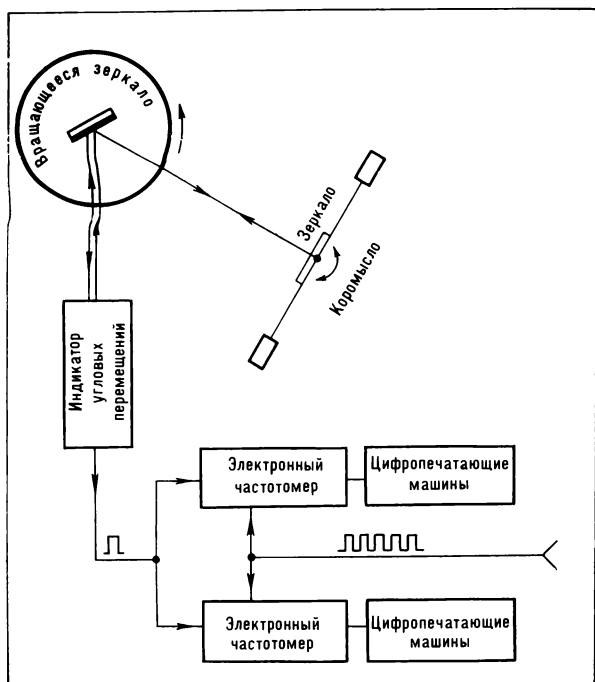


Схема локаторной системы, регистрирующей угловые перемещения коромысла

массы  $M$  в процессе эксперимента перемещались поступательно вдоль оси коромысла. Перемещение осуществлялось дистанционным управлением.

Крутильные весы во время эксперимента находились в вакуумной камере, где давление  $p=5 \cdot 10^{-5}$  тор (давление в опытах Хейла и Хржановского 0,5 тор). Время, требуемое для затухания амплитуды колебаний крутильных весов в 2,7 раза (постоянная времени системы), в таком вакууме достигает более десяти суток. Важно было так задать амплитуду крутильных колебаний, чтобы вместе с ними не возбуждать маятниковых колебаний. В отличие от Хейла и Хржановского, которые раскачивали крутильные весы, поднося к ним вспомогательные ртутные массы, в экспериментах ГАИШа амплитуда задавалась дистан-

ционно — поворотом верхней точки подвеса крутильных весов.

В 1975—1978 годах в ГАИШе было проведено четыре серии экспериментов для определения постоянной тяготения. Чтобы исключить систематические ошибки в результатах, между сериями крутильные весы разбирались и делались повторные взвешивания и измерения линейных размеров их деталей. Статистический анализ опытных данных показал, что величина постоянной тяготения

$$G = (6,6745 \pm 0,0008) \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/\text{гс}^2.$$

За 2,5 года (интервал между первой и последней серией экспериментов)

не обнаружена зависимость  $G$  от времени, а также от сезона (серии проводились в разное время года).

#### ДРУГИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ

В последние десятилетия в нашей стране и за рубежом различными методами определялась постоянная тяготения.

Все авторы в качестве чувствительной системы использовали крутильные весы, что говорит о несомненном их преимуществе перед вертикальными. Помимо динамического метода, использовались и другие. В резонансном методе пробные массы  $M$  вращаются вокруг оси крутильной нити с частотой, равной частоте собственных колебаний весов, а это приводит к резонансному возбуждению крутильных колебаний. По изменению амплитуды колебаний можно судить о величине  $G$ . В ротационном методе платформа, на которой устанавливаются крутильные весы и пробные массы, вращается вокруг вертикальной оси. Постоянная тяготения определяется по ускорению платформы и постоянному углу поворота крутильных весов относительно масс.

В нашей стране кроме ГАИШа исследования по определению постоянной тяготения ведет Институт физики Земли АН СССР.

Сравнение среднеквадратических отклонений всех современных определений  $G$  показывает, что результат ГАИШа принадлежит к числу наилучших. Точность его почти на порядок превосходит точность результата Хейла и Хржановского.

#### СВОДКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Авторы, место проведения, год публикации	Метод	Величина $G$ , $10^{-8} \text{ см}^3/\text{гс}^2$
Хейл, Хржановский (США), 1942 Роуз, Паркер, Лоури, Кальтен, Бимс (США), 1969	динамический	$6,673 \pm 0,005$
	ротационный динамический	$6,674 \pm 0,004$ $6,670 \pm 0,008$
Реннер (Венгрия), 1970	резонансный	$6,6714 \pm 0,0006$
Фаси, Понтикис, Лукас (Франция), 1972	динамический	$6,668 \pm 0,002$
ВНИИОФИ. Москва (СССР), 1976	динамический	$6,6745 \pm 0,0008$
ГАИШ. Москва (СССР), 1978	динамический	$6,6745 \pm 0,0008$

## МАССА И СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ ЗЕМЛИ, ЛУНЫ И ПЛАНЕТ

Геоцентрическая гравитационная постоянная  $GM_{\oplus}$ , то есть произведение кавендишевой гравитационной постоянной на массу Земли, определяется на основании закона Кеплера. Наиболее точно это делается по наблюдениям спутников или космических аппаратов, направляемых к другим планетам, так как на их движение меньше влияет неоднородность плотности Земли и неправильность ее фигуры. Относительная точность определения  $GM_{\oplus}$  около  $5 \cdot 10^{-7}$ .

Точность селеноцентрической гравитационной постоянной, определяемой по движению искусственных спутников Луны и космических аппаратов, на порядок меньше. Примерно с такой же точностью известны планетоцентрические гравитационные постоянные планет, имеющих спутники, особенно искусственные. Таким образом, точность определения масс планет Солнечной системы (кроме Нептуна и Плутона) в метрической системе единиц ограничивается точностью кавендишевой гравитационной постоянной. Ее новое значение позволяет уточнить массу Земли, Луны и планет.

Для Земли, Луны и ряда планет можно уточнить и средние плотности (отношение массы планеты к ее объему), так как относительная точность определения их геометрических размеров превосходит относительную точность  $G$ .

## ЗАЧЕМ НУЖНО УТОЧНЯТЬ ПОСТОЯННУЮ ТЯГОТЕНИЯ?

С развитием науки и техники возрастает потребность в более точном знании постоянной тяготения. Теория тяготения кроме астрономических расчетов используется в науках о Земле. Например, наблюдения приливных явлений на суше помогают изучать упругие свойства Земли. По гравитационному полю находят аномальные по плотности массы в недрах Земли, уточняют места залежей полезных ископаемых. В связи с интенсивным освоением космоса приходится делать все более сложные рас-

четы траекторий космических аппаратов. Со временем при создании сооружений в открытом космосе необходимо будет учитывать движение деталей конструкций под действием их взаимного притяжения.

Сейчас физики-теоретики на основе аналитических соотношений, связывающих различные фундаментальные постоянные (скорость света, постоянную Планка, кавендишеву гравитационную постоянную и т. д.), делают попытки создать **единую теорию поля**. Справедливость такой теории необходимо проверить численно. И ограничивает такую проверку именно гравитационная постоянная, поскольку она известна с меньшей точностью, чем другие фундаментальные константы.

В перспективе, когда кавендишева гравитационная постоянная будет известна точнее, ее можно будет использовать для создания **единиц измерения длины, массы и времени**. Сейчас для их определения используются некие случайные величины. Скорость света, постоянная Планка и кавендишева гравитационная постоянная отражают некоторые фундаментальные свойства объективно существующего мира. Можно принять их равными единице и, исходя из этого, определить абсолютные единицы длины, массы и времени.

## МЕНЯЕТСЯ ЛИ ГРАВИТАЦИОННАЯ ПОСТОЯННАЯ?

Неоднократно высказывались различные гипотезы о пространственных и временных вариациях постоянной тяготения, зависимости ее от состава притягивающих масс, их температуры, присутствия посторонних масс и прочих эффектов.

Согласно теории П. Дирака, постоянная тяготения изменяется во времени — убывает обратно пропорционально возрасту Вселенной. Такое уменьшение  $G$  должно приводить к целому ряду астрономических эффектов, в частности, к расширению Земли и планет. Оценки возможного расширения Земли и некоторых планет показывают, что относительное умень-

шение  $G$  не превышает  $10^{-10}$  в год. Зависимость постоянной тяготения от расстояния между взаимодействующими массами, или пространственное изменение  $G$ , следует из скалярно-тензорных вариантов теории гравитации. Эта зависимость сильнее всего проявляется на малых «лабораторных» расстояниях и практически отсутствует на больших, «космических». Американский физик Д. Лонг нашел, что на расстоянии до 30 см относительное изменение  $G$  составляет  $(15 \pm 3) \cdot 10^{-5}$  на сантиметр. В Московском университете В. И. Панов и В. Н. Фронтов провели эксперимент для расстояний 3 м и 10 м. Согласно их данным, при точности  $1,5 \cdot 10^{-5}$  на сантиметр зависимость  $G$  от расстояния отсутствует.

Первую попытку установить, как зависит гравитационная постоянная от состава притягивающих тел, сделал еще И. Ньютон. Измеряя период колебаний маятника, чечевица которого была изготовлена из нескольких различных материалов, он обнаружил, что с точностью  $10^{-3}$  нет различия в притяжении Землей чечевицы маятника. Независимость тяготения от состава притягивающихся масс в последнее время была неоднократно проверена экспериментально. Самый точный результат получен в Московском университете В. Б. Брагинским и В. И. Пановым. Сравнивая величину ускорения свободного падения изделий из платины и алюминия в поле тяготения Солнца, они установили, что относительное различие в ускорении не более  $10^{-12}$ .

Возможность влияния посторонних масс на гравитационное взаимодействие двух пробных масс, или эффект **гравитационной экранизации**, следует из общей теории относительности Эйнштейна. Наиболее известные опыты по обнаружению эффекта экранизации провел итальянский физик К. Майоран. Он наблюдал изменение экранируемой от Земли массы, и определенный им коэффициент экранизации  $h$  имел величину порядка  $10^{-12}$  см<sup>2</sup>/г. Однако Г. Рассел (США), рассматривая позднее астрономические следствия экранизации тяготения с коэффициентом  $h = 10^{-12}$  см<sup>2</sup>/г, нашел, что при такой величине коэф-

фициента движения тел Солнечной системы заметно отличались бы от наблюдаемых. Поэтому, если экранизация и существует, то ее коэффициент должен быть не более  $10^{-15}$  см<sup>2</sup>/г. Об этом говорят и многочисленные наблюдения полных солнечных затмений.

У читателя, наверное, возникнет вопрос, как экспериментально можно

обнаружить изменение  $G$  с точностью около  $10^{-10}$ , если относительная точность измерения самого значения  $G$  составляет  $10^{-4}$ ? Но дело в том, что для определения изменения  $G$  вовсе не обязательно измерять его абсолютное значение. Можно поставить эксперимент таким образом, чтобы измерять только изменение  $G$ . Точность таких относительных измерений

на несколько порядков выше точности абсолютных.

Итак, в настоящее время нельзя однозначно сказать, изменяется или нет постоянная тяготения. Природа гравитации — одна из самых сложных задач современной науки, решить которую может в конечном счете только эксперимент.



## ГАЙТЫ В ТИХОМ ОКЕАНЕ

Гайты — подводные горы с плоской вершиной, лишь иногда кое-где покрытой небольшими холмами. В Тихом океане, за исключением залива Аляска и прибрежных вод Калифорнии, гайты распространены от Марианских островов до Восточно-Тихоокеанского поднятия. Обнаружены они также в цепи Императорских подводных гор и в Тасмановом море (Земля и Вселенная, 1978, № 2, с. 40—54. — *Ред.*). Хотя гайтов в Тихом океане насчитывается сотни, детально изученных наберется едва лишь несколько десятков. Эти потухшие вулканы некогда возвышались на суше. Почему же они опустились на океаническое дно?

А. П. Седов (Институт океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР) оценил среднюю скорость погружения 23 гайтов в северной части Тихого океана. Скорость автор определил по современной глубине вершин этих вулканических построек и их возрасту (возраст брался из литературных источников). Рассчитанная скорость погружения в различных районах океана (Срединно-Тихоокеанские подводные горы, горы Маркус-Уэйк, Японские подводные горы и т. д.) колебалась от 12 до 40 м за 1 млн. лет. При этом оказалось, что самые быстропогружаю-

щиеся гайты имеют и самый молодой возраст и находятся также на молодом литосферном блоке.

Средняя скорость погружения таких блоков, вычисленная автором, совпадает со средней скоростью погружения гайтов. По-видимому, гайты опустились вместе с океанической литосферой при горизонтальном движении плит.

Океанология, 1980, 6.

## РЕЙСЫ КОРАБЛЕЙ НАУКИ (ИЮНЬ — ДЕКАБРЬ 1980)

Научно-исследовательский флот АН СССР и академий наук союзных республик во втором полугодии 1980 года продолжал исследования Мирового океана по международным и национальным программам в рамках единого координационного государственного плана.

Экспедиция на судне «Академик Курчатов» (Институт океанологии АН СССР) изучала пространственно-временную изменчивость гидрофизических полей в субтропической зоне Атлантического океана. Важнейшие результаты — новые сведения о динамике и эволюции мезомасштабных океанских вихрей и их географическом распределении на громадной акватории. Впервые в течение длительного срока (35 суток) измерялась скорость западной ветви Канарского течения.

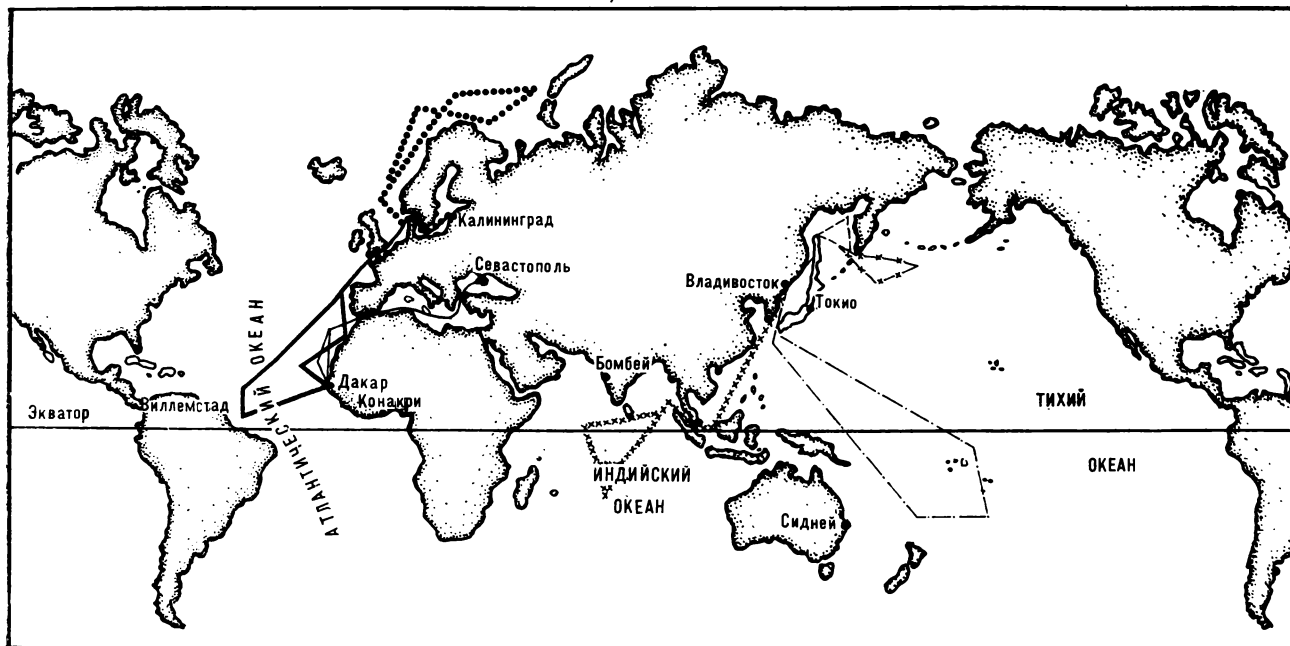
Экспедиция на судне «Профессор Штокман» (Институт океанологии АН СССР) в Баренцевом море проводила геолого-геофизические исследования. После возвращения в порт Калининград судно вновь вышло в рейс. На этот раз экспедиция рабо-

тала в Черном море, где наши ученые совместно с болгарскими коллегами приступили к комплексным геолого-геофизическим и геохимическим исследованиям акваторий, прилегающих к НРБ и северо-западному побережью Черного моря, с целью изучения перспектив их нефтегазоносности.

На Черном и Средиземном морях работали также суда «Профессор Водяницкий» и «Академик Ковалевский» (Институт биологии южных морей АН УССР). Советские ученые вместе с болгарскими специалистами проводили здесь биологические исследования.

«Дмитрий Менделеев» (Институт океанологии АН СССР) работал в центральной части Индийского океана. Цель рейса — изучение геологической истории этого района и исследование металлоносных осадков и корок близ срединных хребтов, в разломах океанического дна. Эти необычные для океана отложения были обнаружены еще в 1958 году в районе Восточно-Тихоокеанского поднятия. Взятая тогда на борт судна «Обь» проба осадка отличалась высоким содержанием железа и марганца и низким содержанием алюминия, титана и других элементов. Последующие экспедиции показали, что металлоносные осадки распространены здесь на площади, в 3 раза превышающей территорию Франции, и что мощность отдельных слоев осадков достигает восьми метров. После возвращения во Владивосток «Дмитрий Менделеев» вышел в очередной рейс в тропическую зону Тихого и Индийского океанов для изучения внутренних волн и их взаимодействия с течениями крупного и синоптического масштабов и с поверхностными волнами.

Экспедиция на судне «Аю-Даг» (АН ЭССР) продолжала изучать динамику и структуру водных масс и



- |         |                       |       |                       |
|---------|-----------------------|-------|-----------------------|
| —       | « Академик Курчатов » | ..... | « Профессор Штокман » |
| —       | « Михаил Ломоносов »  | xxxxx | « Дмитрий Менделеев » |
| - - -   | « Морской геофизик »  | -x-x  | « Пегас »             |
| - · - · | « Калисто »           |       |                       |

гидрофизические поля открытой части Балтийского моря. В центральной и северной частях Балтики были обнаружены вихреобразные возмущения. Собрана также информация о содержании тяжелых металлов и хлорорганических соединений в живых организмах.

Парусно-моторное судно «Заря» (Ленинградское отделение Института земного магнетизма и распространения радиоволн АН СССР) осуществляло магнитные измерения в северной и центральной частях Балтийского моря, а также в Северном море. Получен материал для магнитной картографии и, в частности, для построения сводной карты составляющих магнитного поля Земли на территории Балтийского моря.

В Охотском море работало судно «Морской геофизик» (ДВНЦ АН СССР). Здесь измерялись гравитационное и магнитное поля, проводились геотермические исследования для выяснения роли теплового потока в геодинамике литосферы окраинных морей Тихого океана. Одновременно испытывались приборы, созданные нашими учеными.

Районом исследований экспедиции на судне «Калисто» (ДВНЦ АН СССР) была юго-западная часть Тихого океана, где продолжались работы по международной программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера». Составлена новая стратиграфическая схема архипелага Тонга, клас-

сификация его почв, охарактеризован растительный покров этих островов, впервые детально изучена их фауна. Обширный фактический материал о содержании тяжелых металлов в поверхностных морских водах и атмосферных осадках позволил создать представление о степени загрязнения западной и юго-западной частей Тихого океана. После возвращения из тропиков судно вновь вышло в рейс. В Японском море и на северо-западе Тихого океана были проведены геолого-геофизические исследования по программе изучения системы краевое море — островная дуга — глубоководный желоб — ложе океана.

Экспедиция на судне «Профессор Богоров» (ДВНЦ АН СССР) работала в тропических районах Тихого океана. Здесь продолжались химические и биохимические исследования морских организмов с целью поиска новых источников физиологически активных веществ и, в первую очередь, веществ с антиопухолевой активностью.

Экспедиция на судне «Пегас» (ДВНЦ АН СССР) проводила геолого-геофизические исследования в отдельных районах Охотского моря и северо-западной части Тихого океана. Здесь изучались мощность и строение осадочного чехла, структура верхних слоев земной коры, уязвлялись материалы советских и японских гидромагнитных съемок,

уточнялись сведения о рельефе дна.

Один из этапов многолетнего цикла комплексных советско-гвинейских исследований шельфовых областей Атлантики осуществлял научный экипаж судна «Михаил Ломоносов» (Морской гидрофизический институт АН УССР). Изучались биологические, минеральные и энергетические ресурсы района. Исследования у берегов Западной Африки органически связаны с перспективной программой работ Научного центра, созданного в городе Конакри (Гвинея) в соответствии с советско-гвинейским межправительственным соглашением.

ЧИБОВ А. И.



Член-корреспондент АН СССР  
БОЯРЧУК А. А.

## Эвальд Рудольфович Мустель

(к 70-летию со дня рождения)

Выдающийся советский астрофизик член-корреспондент АН СССР Эвальд Рудольфович Мустель родился в Севастополе 3 июня 1911 года.

Э. Р. Мустель увлекся астрономией еще в школе. В 20-х годах он вступил в Московское общество любителей астрономии и наблюдал в Сокольниках переменные звезды. В 1931 году он уже вел наблюдения в Кучинской обсерватории — изучал распределение энергии по диску Солнца и определял температуру солнечных пятен. Увлечение астрономией определило дальнейшую судьбу Э. Р. Мустеля. Он поступил на астрономическое отделение Московского университета, который окончил в 1935 году. Затем учился в аспирантуре и докторантуре. В 1944 году Эвальд Рудольфович был избран профессором Московского университета.

Сразу же после войны началось восстановление Симеизской обсерватории в Крыму, а затем строительство крупнейшей в нашей стране Крымской астрофизической обсерватории. Э. Р. Мустель активно участвовал в организации новой обсерватории. С 1950 по 1955 год он заведовал отделом физики звезд этой обсерватории. Вместе с группой молодых сотрудников Эвальд Рудольфович успешно проводил спектральные наблюдения на 50-дюймовом телескопе, в то время самом большом телескопе страны. С 1957 года Э. Р. Мустель работает в Астрономическом совете Академии наук СССР.

Научные интересы Э. Р. Мустеля отличаются большой широтой. Его работы посвящены физике звезд, Солнца и проблеме воздействия солнеч-



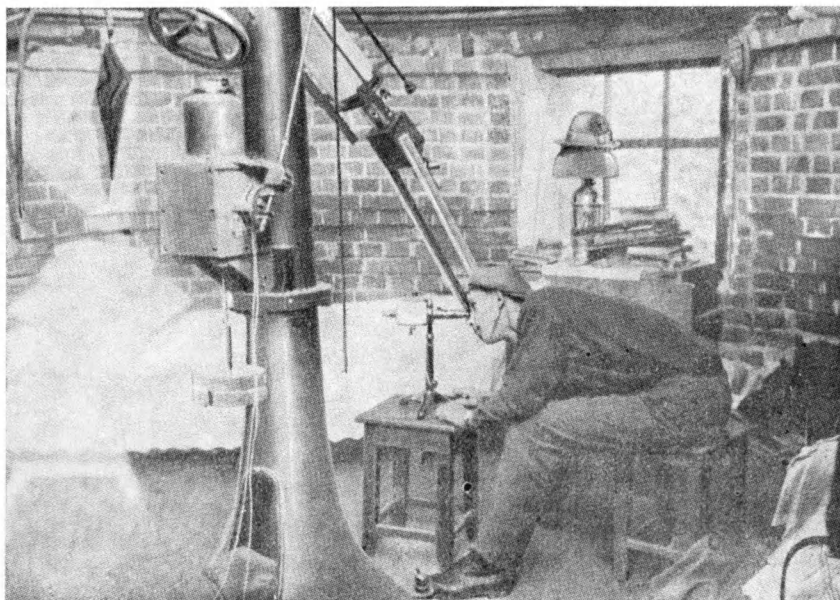
*Эвальд Рудольфович Мустель*

ной активности на электромагнитное поле Земли и нижние слои земной атмосферы.

Всемирную известность Э. Р. Мустелю принесли исследования новых звезд. Вспышка новой или сверхновой, наряду с затмениями и появлениями комет,— одно из наиболее ярких астрономических явлений. Во время вспышки новой блеск звезды возрастает в тысячи раз, звезда сбрасывает оболочку, из которой впоследствии формируется туманность. В результате большого цикла работ, выполнявшихся с 1945 года Э. Р. Мустелем и его учениками, была предложена стройная картина физических процессов, объясняющая сложный комплекс явлений, которые наблюдаются при возникновении и развитии вспышки новой звезды. Э. Р. Мустель показал, что главная оболочка отделяется от звезды в момент максимума блеска. После сброса оболочки из звезды истекают с различной скоростью газы, которые дают в спектре разные системы линий. Тщательное изучение спектров новых и фотографий их оболочек позволило Э. Р. Мустелю построить модель оболочки. Оболочка обычно состоит из двух полярных шапок и экваториальных поясов. Еще в 1956 году Э. Р. Мустель пришел к выводу, что новые обладают сильным магнитным дипольным полем, которое «контролирует» движение ионизированных газов. Именно эти поля создают полярные шапки в оболочке. В дальнейшем существование сильных магнитных полей было подтверждено поляризационными наблюдениями.

В 1958 году Э. Р. Мустель с группой молодых сотрудников Крымской астрофизической обсерватории установил, что оболочки новых обогащены углеродом, азотом и кислородом. Это фундаментальное открытие, позднее подтвержденное многими исследователями, играет ключевую роль в понимании природы вспышек новых. Стало ясно, что мы наблюдаем термоядерные взрывы во внешних слоях звезды.

В последние годы Э. Р. Мустель много внимания уделял изучению сверхновых звезд I типа. Ему удалось



*Э. Р. Мустель наблюдает Солнце в Кучинской обсерватории (1931 год)*

провести наиболее полное отождествление широких линий поглощения в их спектрах, определить скорость расширения оболочки и показать, что в максимуме блеска размеры сверхновых I типа превосходят размеры нашей планетной системы. Э. Р. Мустель первый обнаружил в инфракрасном спектре сверхновых интенсивные линии поглощения кислорода, углерода, азота и крайне слабые линии поглощения водорода. При этом оказалось, что химические элементы в оболочке распределены по слоям. Такое строение оболочек, по-видимому, отражает предшествующую эволюцию звезды. Судя по всему, как сверхновые I типа вспыхивают звезды, достаточно далеко проэволюционировавшие.

Большое количество работ выполнил Э. Р. Мустель в области физики Солнца. Еще в первые послевоенные годы Э. Р. Мустель вместе с А. Б. Северным одними из первых в мире исследовали хромосферные вспышки. Предложенный ими метод определения физических условий во вспышках стал классическим. Эти

работы были удостоены Государственной премии СССР за 1952 год.

Э. Р. Мустель много сделал для понимания строения солнечных флоккулов. Он изучал механизмы возбуждения атомов во флоккулах и показал, что флоккулы — сложные образования, в которых сосуществуют волокна с различной температурой от 7000 до 1 млн. градусов.

Еще в 1944 году, пытаясь прогнозировать солнечно-земные эффекты, Э. Р. Мустель обнаружил, что прохождение почти каждого флоккула через видимый центр солнечного диска сопровождалось геомагнитной бурей. Это значит, что из активных областей истекают радиальные корпускулярные потоки. Найденная закономерность успешно используется для прогнозирования геомагнитных бурь. В последнее время Э. Р. Мустель установил, что не только «спокойные» активные области, но и активные области, в которых наблюдаются слабые вспышки,— источники квазистационарных корпускулярных потоков.

Взаимодействие солнечных корпускулярных потоков с газовой оболочкой Земли не ограничивается развитием геомагнитных бурь или полярных сияний. Э. Р. Мустель вместе с сотрудниками Гидрометцентра СССР и Астрономического совета АН СССР выполнил цикл исследований, в кото-



*А. Б. Северный и Э. Р. Мустель  
в Пулковской обсерватории  
(1954 год)*

ром изучены эффекты, возникающие в нижних слоях земной атмосферы после вторжения солнечного кор-

пускулярного потока во внешнюю оболочку Земли. Было статистически исследовано, как во время геомагнитных явлений изменялось атмосферное давление по всему северному полушарию каждый день в течение ста лет. В результате огромной вычислительной работы, проводившейся на ЭВМ, было уверенно показано, что

спустя два — четыре дня (это зависит от сезона) после геомагнитной бури существенно увеличиваются суточные перепады давления — растет неустойчивость атмосферных масс. Особенно сильно неустойчивость возрастает над океанами вблизи береговой линии, что несомненно связано с большими различиями в температурах океанов и материков. После сильных геомагнитных возмущений заметно изменяется атмосферная циркуляция и, в частности, в зимний период наблюдается углубление Исландской и Алеутской депрессий (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 2—7.— Ред.). С другой стороны, во время геомагнитно-спокойных периодов заметных изменений в поведении земной атмосферы не происходит. Эти работы Э. Р. Мустеля и его сотрудников создали научную основу для нового подхода к прогнозированию погоды, что имеет чрезвычайно важное народнохозяйственное значение. Конечно, энергия солнечных корпускулярных потоков недостаточна для непосредственного изменения состояния атмосферы, но она может привести в действие триггерный механизм в районах с низкой устойчивостью атмосферы.

Обширна организационная деятельность Э. Р. Мустеля. С 1963 года он бессменный председатель Астрономического совета АН СССР, координирующего астрономические исследования в Советском Союзе. Э. Р. Мустель — заместитель академика-секретаря Отделения общей физики и астрономии АН СССР и главный редактор «Астрономического журнала», он возглавляет Национальный комитет советских астрономов. Э. Р. Мустель был вице-президентом Международного астрономического союза с 1970 по 1976 год.

Эвальд Рудольфович встречает свое 70-летие в расцвете сил. Он продолжает плодотворную научно-исследовательскую и организационную деятельность.





## 50-летие «Вестника»

В марте 1931 года вышел первый номер журнала «Вестник Академии наук СССР». Журнал призван был информировать научную общественность о жизни Академии наук СССР и пропагандировать новые для тех лет идеи и методы организации научных исследований, содействовать приведению структуры науки в соответствие с требованиями времени.

Выполняя эти задачи, «Вестник» стал поистине летописью научной и научно-организационной деятельности Академии наук СССР. На его страницах выступали и выступают крупнейшие советские и зарубежные ученые. Редактировали «Вестник» такие выдающиеся руководители советской науки, как В. П. Волгин, Н. П. Горбунов, В. Л. Комаров, А. М. Деборин, А. Н. Несмеянов, К. В. Островитянов, Н. М. Сисакян, М. Д. Миллионщиков.

За полвека вышло около 600 номеров «Вестника». Из года в год, от десятилетия к десятилетию журнал становился все более емким, расширялась его тематика, разнообразились рубрики, увеличивался объем. Редакционная коллегия и коллектив редакции ищут и находят возможности для дальнейшего улучшения журнала. За последние годы расширились публикации об организации научных исследований, эффективности науки, деятельности академий наук союзных республик, взаимодействии академической науки с отраслевой и вузовской. В журнале появились новые для него формы подачи материала — беседы, интервью, ответы на анкеты редакции. Стали чаще печататься статьи, содержащие научно обоснованные прогнозы развития науки и техники.

«Земля и Вселенная» поздравляет «Вестник Академии наук СССР» со славным юбилеем и желает этому замечательному журналу дальнейших успехов в пропаганде достижений советской науки.



Доктор физико-математических наук  
**НИКОНОВ В. Б.**  
Кандидат  
физико-математических наук  
**НУМЕРОВА А. Б.**  
Доктор физико-математических наук  
**ОГОРОДНИКОВ К. Ф.**

## **Борис Васильевич Нумеров** (к 90-летию со дня рождения)

Научная деятельность талантливого советского астронома члена-корреспондента АН СССР Бориса Васильевича Нумерова продолжалась менее 25 лет. За это время он опубликовал около 250 работ по фундаментальным вопросам небесной механики, астрометрии, гравиметрии, теории и практики астрономического приборостроения. Велики заслуги Б. В. Нумерова и в организации отечественной астрономии.

Борис Васильевич Нумеров родился 17(29) января 1891 года в Новгороде. В 1913 году он закончил физико-математический факультет Петербургского университета и был оставлен на кафедре астрономии «для подготовки к профессорскому званию». В 1913—1915 годах Б. В. Нумеров был сверхштатным астрономом Пулковской обсерватории и вел наблюдения на зенит-телескопе. С 1915 года он начал работать астрономом-наблюдателем на обсерватории Петроградского (Ленинградского) университета. В 1917 году Борис Васильевич начал преподавать в университете, где он в разное время читал лекции по практической астрономии, методам приближенных вычислений, высшей геодезии, гравиметрии, теоретической астрономии, небесной механике. В 1924 году Б. В. Нумеров стал профессором Ленинградского университета.

Научная деятельность Бориса Васильевича Нумерова в основном проходила в годы становления молодого Советского государства. В это же время началось стремительное развитие советской науки, в частности, астрономии. В 1917 году в Петрограде состоялся первый Всероссийский



*Борис Васильевич Нумеров  
(1891—1941)*

съезд астрономов, на котором был учрежден Всероссийский астрономический союз. Бориса Васильевича из-

брали секретарем этого союза. В 1928—1934 годах он был секретарем Астрономической ассоциации РСФСР, в 1930—1934 годах — председателем Астрономического комитета при Наркомпросе РСФСР.

Б. В. Нумеров — организатор Вычислительного института (1919 г.), который в 1923 году был преобразован в ленинградский Астрономический институт (ныне — Институт теоретической астрономии АН СССР). Директором этого института Борис Васильевич оставался вплоть до 1936 года.

С именем Б. В. Нумерова связано создание первых отечественных ежегодников — астрономического, морского и авиационного. До революции в России использовались ежегодники, издаваемые в Германии, Англии и Франции. В декабре 1921 года Вычислительный институт выпустил в свет Астрономический ежегодник на 1922 год, в 1930 году стал издаваться Морской ежегодник, в 1935 году — Авиационный. Б. В. Нумеров — автор многочисленных вспомогательных таблиц для астрономических вычислений, а также математических таблиц.

По инициативе Бориса Васильевича была организована эфемеридная служба малых планет. Для определения и улучшения их орбит Б. В. Нумеров предложил оригинальный метод численного интегрирования дифференциальных уравнений возмущенного движения в особых координатах, названный им методом экстраполирования. Используя этот метод, сотрудница Астрономического института Н. Ф. Боева в 1930 году вычислила точную эфемериду потерянного еще в 1923 году VIII спутника Юпитера. По этой эфемериде американские астрономы обнаружили спутник.

Б. В. Нумеров разработал метод определения систематических ошибок звездных каталогов, опирающийся на наблюдения и точную теорию движения малых планет. В настоящее время этот метод применяется при создании Каталога слабых звезд.

Б. В. Нумеров был в числе немногих, кто еще в 30-х годах пропагандировал использование счетно-аналитических машин для трудоемких астрономических вычислений. Ему же принадлежит идея автоматической интегрирующей машины.

Борис Васильевич глубоко интересовался проблемами гравиметрии. Он первым в нашей стране применил маятниковые и вариометрические измерения для разведки полезных ископаемых. В долине реки Эмбы Б. В. Нумеров организовал гравиметрическую съемку, чтобы отыскать соляные купола и оценить залежи нефти в этом районе. Под непосредственным руководством Бориса Васильевича велись гравиметрические наблюдения и в других районах Советского Союза (на Урале, озере Баскунчак, в Донбассе, Кривом Роге, на Северном Кавказе), испытывались созданные по его идее приборы — 1/4- и 1/2-секундные маятниковые приборы и гравитационный вариометр с тремя рычагами. Б. В. Нумеров был одним из инициаторов общей гравиметрической съемки Советского Союза, начатой в 1931 году.

Советская астрофизика обязана Б. В. Нумерову радикально новым подходом к созданию ее наблюдательной базы. Борис Васильевич одним из первых в нашей стране понял, что новые обсерватории нужно строить в наиболее благоприятных климатических условиях. Он организовал Всесоюзное совещание астрономов и климатологов, на котором были намечены перспективные для астрономических наблюдений горные районы СССР. И уже в 1930—1931 годах экспедиции для изучения астроклимата направились в Нагорный Карабах, Среднюю Азию, Крым, на Северный Кавказ и в Грузию. В Грузии экспедиция, в которой самое деятельное участие принимал и Борис Васильевич, обследовала районы Бакуриани и Абастумани.

В результате критического рассмотрения данных, полученных всеми экспедициями, было принято решение организовать обсерваторию в Абастумани под общим руководством ленинградского Астрономического института и Наркомпроса Грузии. Директором обсерватории назначили Е. К. Харадзе (ныне — член-корреспондент АН СССР, президент Академии наук ГССР, по-прежнему возглавляющий Абастуманскую астрофизическую обсерваторию).

Новой обсерватории было необходимо современное оборудование. В решении этого вопроса Б. В. Нумеров также взял инициативу в свои руки. Он всячески способствовал развитию астрономического приборостроения в нашей стране. В 1928 году Борис Васильевич организовал в Астрономическом институте оптико-механическую мастерскую, а позднее конструкторское бюро. По проекту и под руководством Н. Г. Пономарева в Астрономическом институте с помощью Балтийского судостроительного завода был создан первый отечественный рефлектор с зеркалом диаметром 33 см. Этот инструмент в 1932 году установили в Абастуманской обсерватории. В Астрономическом институте разрабатывались современные микрофотометры, электрофотометры и коронографы для наблюдения солнечного затмения.

В 1931 году была организована Комиссия астрономического приборостроения под председательством Б. В. Нумерова. Н. Г. Пономарев создал на Государственном оптико-механическом заводе (ныне — Ленинградское оптико-механическое объединение) астрономическую группу, которая потом превратилась в конструкторское бюро. В этом бюро разработаны все современные крупнейшие советские телескопы: 2,6-метровые рефлекторы Крымской и Бюраканской обсерваторий, а также 6-метровый инструмент Специальной астрофизической обсерватории. Создатель этих телескопов — ученик Н. Г. Пономарева, Герой Социалистического Труда Б. К. Иоаннисиани.

Борис Васильевич не был астрофизиком. Но в астрофизике, как и в любой другой области астрономии, он

умел почувствовать то главное направление, которое должно разрабатываться в первую очередь.

Умер Борис Васильевич 13 сентября 1941 года. Его имя увековечено в названии малой планеты № 1206 и кратера, расположенного на обратной стороне Луны.

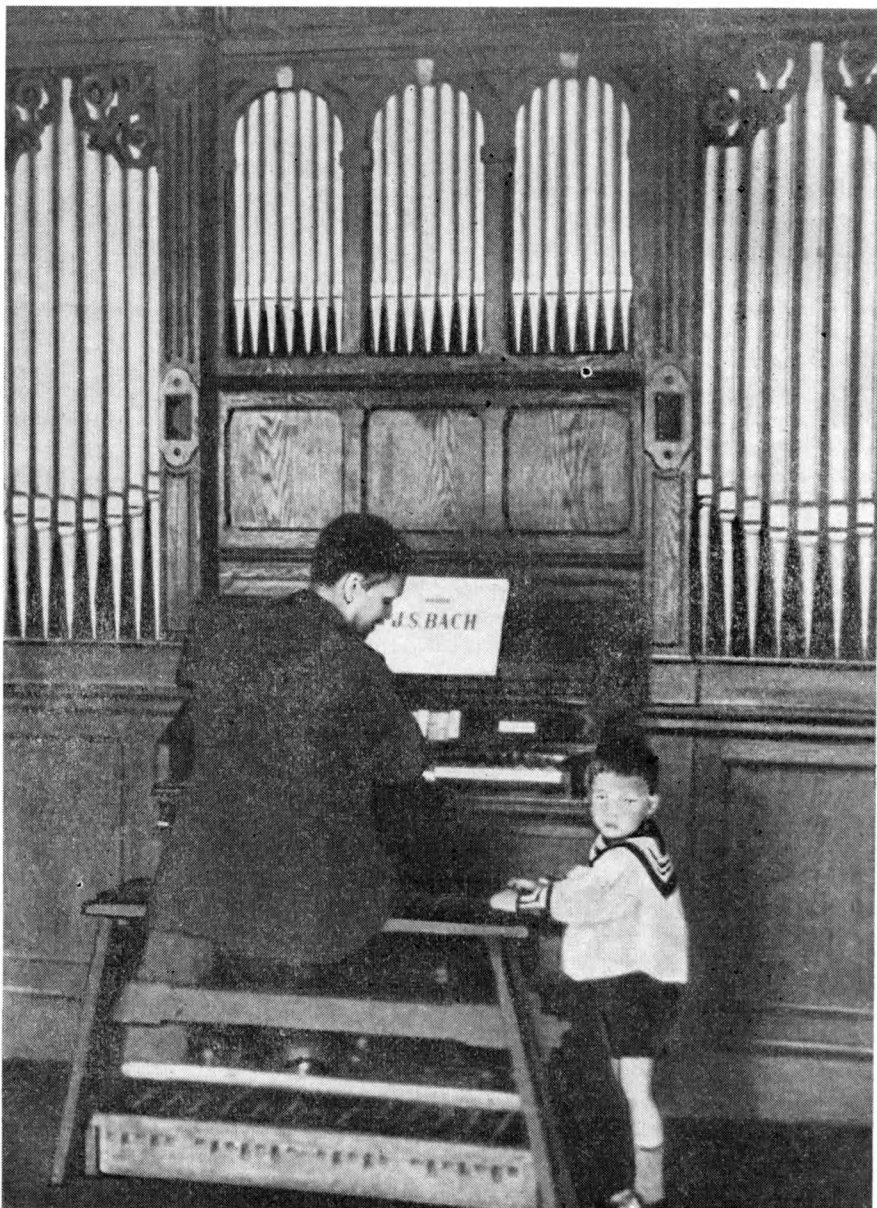
Член-корреспондент АН СССР  
ЗВЕРЕВ М. С.

## Встречи с Б. В. Нумеровым

Имя Б. В. Нумерова мне стало известно в 1921 году, когда я, студент Воронежского университета, начал работать в астрономическом кабинете университета. Туда поступали периодические издания, из которых я узнал, что в Петрограде организовано новое астрономическое учреждение — Вычислительный институт, а его директор имеет подходящую фамилию «Нумеров». Вскоре институт стал выпускать астрономические ежегодники, которые принесли известность и институту, и его директору.

Первый раз я увидел Б. В. Нумерова в начале 30-х годов в Москве, на собрании в Главном геодезическом управлении (может быть, в Госплане), где обсуждался вопрос о гравиметрической съемке страны. Нумеров выступал с одним из основных докладов. Там я убедился, что Б. В. Нумеров — крупный авторитет в вопросах геодезии и гравиметрии.

В то время я работал в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга. Яркое впечатление у нас оставило короткое посещение института Б. В. Нумеровым, во время которого он рассказал о своей заграничной командировке в страны Европы и в США. Особенно запомнилось его сообщение об успешном использовании в США больших счетно-аналитических машин «Холлерит». Б. В. Нумеров увлек аудиторию своим глубоким убежде-



*У органа Б. В. Нумеров с сыном  
Андреем, ставшим  
профессиональным  
музыкантом (1929 год)*

нием, что применение новой вычислительной техники должно дать громадный эффект во всех астрономических исследованиях, в особенности при изучении движения планет.

Вскоре мы узнали о выступлении Б. В. Нумерова на первой астрометрической конференции, состоявшейся в Пулкове в марте 1932 года. Он предложил свой (теперь знаменитый) план наблюдения избранных малых планет с целью ориентации системы координат Каталога слабых звезд. Мы поняли, что Нумеров глубоко интересуется также проблемами астрометрии и звездной астрономии.

Последние мои встречи с Б. В. Нумеровым состоялись в апреле 1936 года в Пулкове и Ленинграде в связи со второй астрометрической конференцией. Он сделал там три научных сообщения (об абсолютных наблюдениях фундаментальных звезд, о плане наблюдений малых планет и идее нового светосильного меридианного круга с мирами в первом вертикале). Он энергично выступал с существенными замечаниями почти по всем докладам. В перерывах между заседаниями Борис Васильевич познакомил Б. В. Кукаркина и меня с деталями своего проекта меридианного круга и передал нам большой чертеж оптической схемы инструмента. Он рассказал также о перспективе установки инструмента в организованной при его участии Абастуманской обсерватории. Эти планы, увы, не осуществились.

В один из вечеров он пригласил меня и московского геодезиста П. Н. Долгова (заведующего службой времени ЦНИИГАиКа) к себе домой, где перед нами раскрылась совсем другая область его интересов. Борис Васильевич был большим любителем и серьезным знатком музыки, главным образом классической. В его доме были рояль, фисгармония и даже старый, но хорошо действующий орган (для игры на нем требовался помощник, который нагнетал воздух в трубы ручным насосом). Б. В. Нумеров охотно демонстрировал свое незаурядное искусство исполнения на разных инструментах (при этом мы по очереди вращали рукоятку насоса органа) и предлагал играть нам.

Тогда я знал несколько органных прелюдий Баха — Бузони (в переложении для рояля) и пытался их исполнить на органе, что оказалось делом не простым. Борис Васильевич охотно высказывал нам свои суждения не только о музыке, но и живописи, архитектуре. В тот памятный вечер мы убедились в широте и глубине его весьма разнообразных интересов.

Доктор физико-математических наук  
МАРТЫНОВ Д. Я.

## Из воспоминаний о Б. В. Нумерове

Борис Васильевич Нумеров стоял в первых рядах строителей культуры Советского государства. Молодым человеком двадцати восьми лет он был назначен директором только что организованного Вычислительного института в Петрограде, основное направление деятельности которого — составление всевозможных эфемерид, необходимых для моряков, геодезистов и, конечно, астрономов. Нужно помнить, что в ту пору наша страна была блокирована Антантой и западные астрономические ежегодники до нас не доходили. Уже в конце 1921 года в нашей стране вышел Астрономический ежегодник на 1922 год — перенец в длинной и непрерывной серии ежегодников, все более и более полных и совершенных. Вычислительный институт вскоре перестал быть только вычислительным — в нем выполнялись теоретические работы по небесной механике и особое внимание уделялось движению малых планет. В 1923 году Вычислительный институт был преобразован в Астрономический, каким и просуществовал до 1943 года, когда был переименован в Институт теоретической астрономии АН СССР. Энергии Б. В. Нумерова вполне хватило и на то, чтобы в

Вспоминая все это, я как бы вижу перед собой Бориса Васильевича, эмоционального, всегда оживленного, смотрящего с полуулыбкой своими внимательными глазами на собеседника, быстро реагирующего на вопросы и замечания. Ко мне и моим товарищам он относился доброжелательно, делился своими соображениями, поражая нас богатством идей, всегда конкретных и ясных.

Астрономическом институте развить обширные гравиметрические исследования, создать астрофизический отдел и начать работы по конструированию астрономических и гравиметрических инструментов, а кроме того, воскресить полузабытую идею создания высокогорной астрономической обсерватории и приступить к ее реализации.

Именно в эту пору я ближе познакомился с Борисом Васильевичем — в пору наивысшего расцвета его творческих сил. Незадолго до того (в 1930 году) он возвратился из поездки в США, где познакомился главным образом с гравиметрическими работами, но посетил он там и астрономические учреждения, с успехом применив свою способность исключительно быстро схватывать суть совершенно новых для него вопросов (в чем мы, молодые астрономы, неоднократно убеждались при общении с ним). Я вспоминаю облик Бориса Васильевича: подвижное лицо, коротко подстриженные усы; умный взгляд, простые манеры. Внимание к тому, что говорит собеседник. Он немногословен и в большинстве случаев спокоен в спорах.

В 30-х годах у Бориса Васильевича



*Б. В. Нумеров (начало 20-х годов)*

были, по-видимому, большие связи с зарубежными астрономами и геодезистами, проистекавшие из обширных гравиметрических работ, которые возглавлял Астрономический институт (в частности, поиск нефтеносных районов с помощью вариометрических съемок). Были у него также и контакты с учеными Прибалтийских стран в связи с деятельностью Балтийской комиссии, ставившей своей

целью высокоточное геодезическое опоясывание Балтийского моря.

Просматривая отчеты о деятельности Астрономического института за 30-е годы, легко заметить, что Б. В. Нумеров участвовал в работе почти всех секторов института — вычислительного, теоретического и гравиметрического. Он же плодотворно вторгся в астрометрию, когда в 1930—1931 годах разработал способ улучшения системы склонений звезд на основе наблюдений движения малых планет среди звезд. В отличие от ук-

ренившегося обычая наблюдать малые планеты только вблизи противостояний, новый способ требовал регистрации положения планеты на возможно более длинном отрезке ее видимого пути, притом в течение нескольких лет. Обработка таких наблюдений с последующим вычислением всех испытанных планетой гравитационных возмущений (с помощью экстраполяционного метода Нумерова) раскрывала систематические ошибки звездных положений<sup>1</sup>. Идея Нумерова продолжает жить и сейчас, спустя 40 лет, как часть большой коллективной работы: малые планеты наблюдают по программе Каталога слабых звезд.

А в астрофизическом секторе Астрономического института Б. В. Нумеров был инициатором и организатором совещания по Горной астрофизической обсерватории в апреле 1931 года. Астрофизики института искали для своей наблюдательной базы место, хорошее и в астроклиматическом отношении. Они нуждались в астрофизических инструментах, и тогда конструкторский сектор института, не оставляя разработку и изготовление гравиметрических приборов, стал заниматься под руководством Н. Г. Пономарева конструированием 13-дюймового рефлектора. Вся эта деятельность привела к созданию Абастуманской астрофизической обсерватории, для которой институт выделил кадры (В. Б. Никонов, П. П. Добронравин, А. В. Марков) и рекомендовал на пост директора обсерватории Е. К. Харадзе, закончившего аспирантуру Астрономического института в 1934 году по небесной механике. Астрономический институт дал новой обсерватории 13-дюймовый рефлектор, послуживший хорошим началом для инструментального оснащения ее. Ныне Абастуманская астрофизическая обсерватория АН ГССР под руковод-

<sup>1</sup> Способ этот восходит к С. Ньюкомбу, но только теперь он был полностью подготовлен и в теоретическом и практическом отношениях. Б. В. Нумерову помогла в этой работе В. С. Мошкова.

ством Е. К. Харадзе необычайно выросла и приобрела мировую известность. Обсерватория деятельно ведет астрофизические и звездно-астрономические исследования вот уже пятое десятилетие...

Член-корреспондент АН СССР  
**ХАРАДЗЕ Е. К.**

## **Б. В. Нумеров и развитие астрономии в Грузии**

Борис Васильевич Нумеров запомнился мне на всю жизнь как яркая, интересная, весьма обаятельная личность. Первая моя встреча с ним состоялась летом 1930 года, когда он приехал в Тбилиси, чтобы организовать экспедиции для поиска в горных районах Грузии места, где предполагалось построить астрономическую обсерваторию современного типа.

Б. В. Нумеров, посетивший перед тем горные астрофизические обсерватории в Калифорнии (США), своевременно поднял вопрос о необходимости создания отечественного астрономического приборостроения, строительства обсерваторий в горных местностях с благоприятным астроклиматом. Известную роль в пропаганде этой идеи сыграли также К. Ф. Огородников и Б. П. Герасимович, стажировавшиеся перед тем в американских обсерваториях.

С большим увлечением и настойчивостью Борис Васильевич взялся за организацию, во-первых, телескопостроения и разработки конструкции электрофотометра (прибор, вовсе неизвестный тогда в Советском Союзе, но уже зарекомендовавший себя в США) и, во-вторых, экспедиций по обследованию горных мест в южных республиках страны.

Талантливый оптик-конструктор Н. Г. Пономарев, мечтавший сконструировать крупный телескоп, был вовлечен Б. В. Нумеровым в работу, успешному окончанию которой Борис Васильевич способствовал всеми силами. Создание конструкции первого советского звездного электрофотометра Б. В. Нумеров поручил В. Б. Никонову — основоположнику советской звездной электрофотометрии.

Его выдающаяся роль во внедрении электрофотометрических наблюдений в практику передовых советских обсерваторий всем нам известна.

Мне хорошо запомнились встречи с Б. В. Нумеровым в Тбилиси, куда он приехал с предложением организовать обследование горных районов Грузии, его выступления по этому поводу в Геофизической обсерватории Грузии, где я тогда работал, а затем и проведенные с ним дни и ночи в наблюдениях за качеством звездных изображений в Бакуриани и Абастумани. В перерывах между наблюдениями он излагал свои мысли о возрождении советской астрономии, о будущих крупных телескопах, которые позволят нам серьезно конкурировать с американской наблюдательной астрономией. Нередко обучал он меня решениям простыми способами задач полевой практической астрономии. При этом он не отказывал себе в том, чтобы расспрашивать меня об истории, науке, искусстве, культуре моего родного грузинского народа. Когда Борис Васильевич рассказывал или слушал ответы на свои вопросы, у него одинаково блестяще выразительные глаза. Естественно, Борис Васильевич производил на меня, мало посвященного в науку и астрономическую жизнь страны, незабываемое впечатление.

Знакомясь с атмосферным режимом в Абастумани, он сразу обратил внимание на то, что в небольшой заброшенной башне, где в конце прошлого века наблюдения вел С. П. Глазенап, отлично сохранилась деревянная обшивка. Это указывало на сухость климата. Борис Васильевич за-

интересовался окрестностями, мы верхом на лошадях объехали ближайшие горы и решили исследовать условия звездных изображений над горой Канобили, покрытой тогда густым лесом, а теперь увенчанной астрономическими башнями.

Затем были ночи, проведенные в башне Глазенапа за теодолитом. Мы предварительно определяли координаты места, но мысли наши кружились вокруг горы Канобили и в воображении вставали большие башни с крупными телескопами.

При повторном посещении Тбилиси в Наркомпросе Грузии была согласована возможность строительства обсерватории на горе Канобили. В Абастуманской обсерватории предполагалось испытать телескоп отечественного производства и новые методы астрофизических наблюдений в благоприятных атмосферных условиях.

В те месяцы я постоянно общался с Борисом Васильевичем, поскольку был зачислен, по его предложению, в аспирантуру при ленинградском Астрономическом институте, которым он ведал. Заходил я к нему и домой, где он был также прост и доступен: как на работе. Он любил приглашать к себе учеников и коллег, устраивать семейные концерты; сам музицировал и при этом пропагандировал музыку. С особой любовью относился он к русской классической музыке. Вообще, чувствовалось, что он был беззаветным патриотом. Борис Васильевич приучил меня посещать знаменитую Ленинградскую филармонию, где происходили изумительные симфонические концерты и читал увлекательные лекции

И. И. Соллертинский, которого так искусно копировал впоследствии Ираклий Андроников. Поощрял он и посещения камерных концертов и даже редко даваемых концертов на клавиринах.

В феврале 1932 года Совнарком Грузии постановил организовать обсерваторию в Абастумани, куда Н. Г. Пономарев привез готовый уже 13-дюймовый рефлектор — первенец отечественного астрономического приборостроения. В наши дни рядом с современными телескопами он выглядит игрушкой. Но в то время его изготовление и начало работы представлялись событием. И на самом деле с этого телескопа стало развиваться советское телескопостроение, блистательным достижением которого явилась постройка 6- и 2,6-метровых телескопов.

Последний раз Б. В. Нумеров посетил Абастумани в 1936 году. Он приехал из района экспедиции по наблюдению полного солнечного затмения 19 июня вместе с известным американским астрономом Д. Мензелем. Борис Васильевич радовался тому, что на гору Канобили уже можно было ездить колесным транспортом, что строилась башня нового цейсовского 40-дюймового рефрактора — тогда одного из самых крупных и технически наиболее оснащенных телескопов в Советском Союзе. Немалую помощь оказал Борис Васильевич и в решении вопроса об установке этого телескопа именно в Абастумани. Решение выносилось ВЦИК СССР на заседании под председательством М. И. Калинина на основе заключения комиссии, руководимой П. Г. Смидовичем, с которым по этому поводу мы с Нумеровым несколько раз встречались.

Возвращаясь к личности Б. В. Нумерова, мне хочется еще сказать, что он воплощал в себе синтез ученого и организатора, глубоко проникал в вопросы, мыслил ясно, принимал четкие решения, отличался богатством идей, которыми охотно делился. Общение с ним отражалось на молодежи самым благотворным образом, потому что благожелательно настроенный к ученикам и коллегам, он смело доверял молодым, но од-

новременно был очень требователен и строг, а подчас даже резок. Все эти качества Бориса Васильевича я — тогда еще совсем неопытный молодой человек — постиг и оценил, конечно, не сразу.

Позволю сказать немного и о себе. Студентом я мечтал заниматься астрономией, однако для этого в Тбилиси не было в то время никаких условий, даже в университете читалась только общая и сферическая астрономия. Поэтому я стал работать в Геофизической обсерватории, где и остался бы, не появившись в Тбилиси Б. В. Нумеров и В. Б. Никонов.

Б. В. Нумеров решил мою судьбу, за что я храню чувство глубокой благодарности к нему. Но не это важно, а важно то, что его инициатива и заражающий организаторский талант решительно способствовали созданию обсерватории в Грузии. За это ему благодарна грузинская наука, в сфере деятельности которой теперь входят современные астрономические исследования.

Б. В. Нумеров увлек и сплотил окружающую его молодежь идеей обновления советской астрономии. С той поры астрономическая наука у нас в стране неизменно развивалась, обогащаясь оборудованием, пополняясь новыми обсерваториями, квалифицированными кадрами. Абастуманская обсерватория была задумана как первая в стране горная астрофизическая база, служащая интересам всесоюзной науки. И действительно, под влиянием Б. В. Нумерова обсерватория и создавалась, и развивалась в последующем на началах творческого сотрудничества астрономов Грузии с астрономами Ленинграда, Москвы и других астрономических центров нашей страны. Духу и практике содружества обязана обсерватория своими научными достижениями.

А когда будет написана история Абастуманской астрофизической обсерватории, достойное место в ней займет имя Бориса Васильевича Нумерова.



## УНИВЕРСАЛЬНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЧАСЫ

Эти часы экспонируются в Ивановском государственном объединенном историко-революционном музее. Они были сконструированы в 1873 году парижским механиком Альбертом Биллето для одного из потомков знаменитого рода герцогов Альба. В то время стоимость часов составляла значительную сумму — 280 тыс. франков.

Первый владелец часов завещал их Бернскому кантону (области) Швейцарии. Бернский кантон продал уникальный механизм компании предпринимателей, которые стали возить часы по всей Европе, показывая их за деньги. После долгих странствий часы попали в Петербург. Император Александр III хотел приобрести их за 25 тыс. рублей, но смерть помешала этому. Вскоре компания предпринимателей разорилась и часы оказались в руках кредиторов.

В 1911 году часы приобрел с аукциона за 3000 рублей Д. Г. Бурылин — основатель Ивановского музея. Их механизм тогда был частично поврежден, и вскоре часы остановились. Д. Г. Бурылин обращался ко многим мастерам, но никто не брался за ремонт часов, ибо никаких схем, чертежей и описаний их механизма не было. Только в 1943 году работу по восстановлению часов удалось выполнить математику, доценту Ивановского педагогического института, Андрею Владимировичу Лотоцкому. И вот уже 37 лет часы ходят безупречно.

Что же представляют собой универсальные астрономические часы? Их механизм установлен в застекленном черном полированном футляре из дорогих пород дерева. Длина футляра 3 м, высота 2,5 м. В сред-



*Универсальные  
астрономические часы*

ней витрине часов смонтировано устройство, показывающее движение Земли и других планет вокруг Солнца. Здесь же находится модель, наглядно иллюстрирующая видимое суточное движение Солнца, Луны и звезд для нашего (северного) полушария. С помощью модели можно проследить, как Солнце, Луна и звезды восходят на востоке и заходят на западе. Одновременно с этим Солнце и Луна перемещаются относительно звезд и относительно друг друга. Хорошо видны также и фазы Луны.

В одной из боковых витрин часов установлены четыре механических календаря — григорианский, юлианский, еврейский и мусульманский. Во всех четырех календарях месяцы имеют различное число дней. Механизм часов точно «соблюдает» своеобразие каждого календаря.

В другой боковой витрине 37 циферблатов показывают поясное время для городов Европы, Азии, Африки, Америки (Северной и Южной) и Австралии.

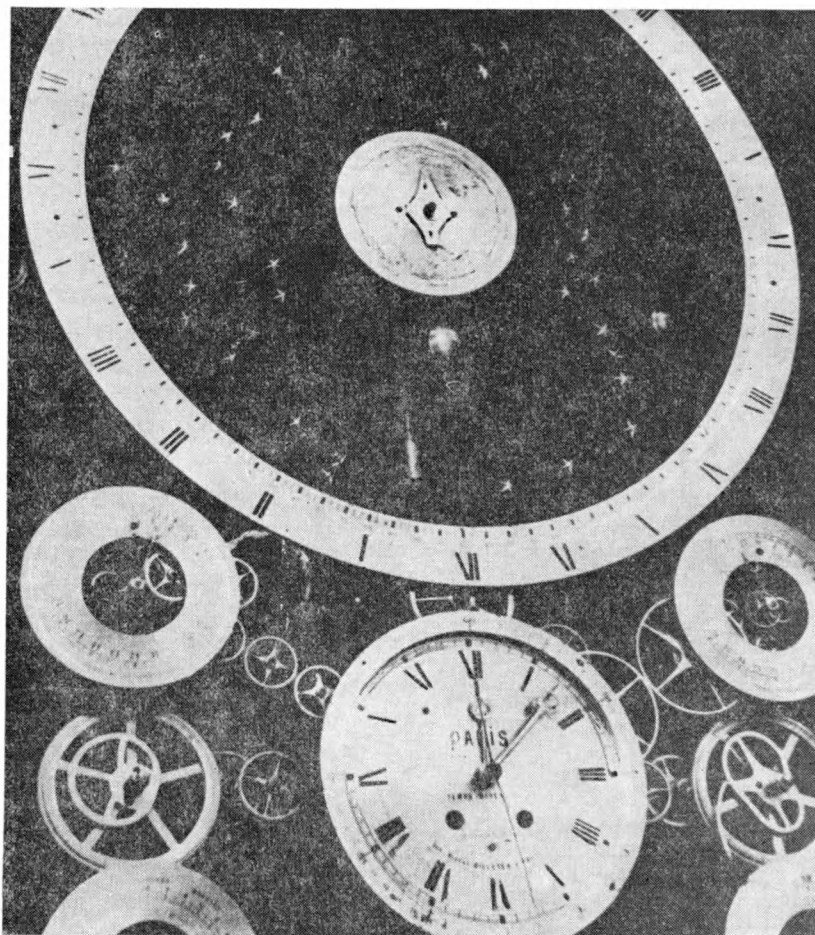
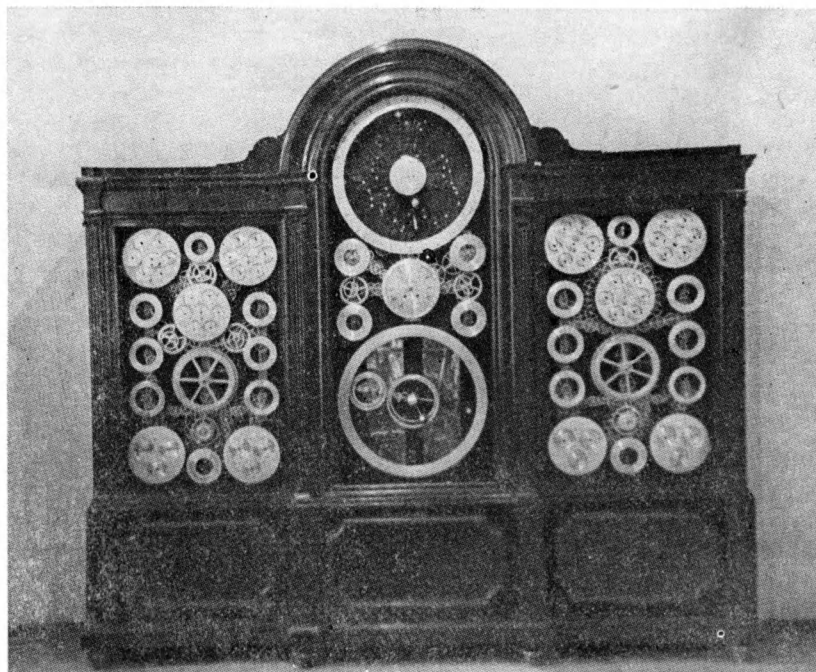
В боковых витринах часов есть и другие циферблаты, по которым можно узнать время восхода и захода Солнца, долготу дня, долготу ночи, время наступления равноденствия, солнцестояния и др.

Многочисленные рычаги и стрелки часов движутся с разными скоростями. Секундная стрелка совершает оборот за минуту. Главный рычаг в модели Солнечной системы проходит через все деления шкалы за год. Стрелка, указывающая «возраст» Луны, делает оборот почти точно за месяц.

Механизм часов приводится в действие двадцатью пятью пружинами. Большинство их требует завода раз в неделю или в месяц, но есть пружины, которые заводятся раз в год и раз в три года. Правила завода выполняются точно, ибо одна незаведенная пружина может вызвать остановку часового механизма.

ДОДОНОВА А. А.

*Центральная астрономическая  
часть часов*





ИЗ ИСТОРИИ  
НАУКИ

Доктор  
геолого-минералогических наук  
ПЕТРУШЕВСКИЙ Б. А.

## Из докосмодромной истории района Байконура

Недавно была опубликована статья И. Г. Борисенко «Байконуру — четверть века» (Земля и Вселенная, 1980, № 5, с. 61—65). Наряду с интересными данными о деятельности космодрома, в ней удачно описана природа этого района — его степные просторы, солончаки, летний зной и зимние морозы, весеннее цветение степей, всего через два-три месяца кажущееся неправдоподобным — от сожженных солнцем цветов не остаются даже сухих стебельков.

Мне пришлось неоднократно проводить геологические исследования в разных местах Казахстана, в той или иной степени тяготеющих к району космодрома. Было это за много лет до того, как появилась космонавтика и соорудили космодром. Казахские степи были тогда необжитыми, пустыми; казалось, что ничто не может их оживить. Прошло всего 50 лет, и картина резко преобразилась.

Нынешнее поколение, особенно молодежь, просто не представляет себе этой, совсем еще недавней истории. И мне захотелось рассказать об интересном эпизоде из своей экспедиционной практики, случившемся в одном из районов, тяготеющих к космодрому. Произошло это за 29 лет до того, как с космодрома взлетел первый в мире корабль с человеком на борту. Это был космический первопроходец Юрий Гагарин, 20-летию исторического подвига которого посвящен предыдущий выпуск журнала.

В начале 30-х годов степи Казахстана совершенно обезлюдели. Шла коллективизация, байские хозяйства,

кочевавшие по степям и пескам, были ликвидированы, остальное население переместилось к колхозам вдоль железной дороги и Сырдарьи. В степях оставались одиночки, и были это люди, либо скрывавшиеся от коллективизации, либо пытавшиеся бороться с Советской властью. Они поддерживали в сохранности некоторые колодцы и жили так, укрытые от всякого начальства просторами безводных степей.

Геологам в подобных условиях приходилось трудно. Автомшины в те времена нам и не снились. Мы ездили верхами, но лошадь должна пить трижды в день, поэтому в дальних маршрутах приходилось использовать верблюдов-водоносов. Вот такой маршрут в августе 1932 года я и предпринял, пойдя на север. В то лето мы работали около железной дороги. Теперь настала пора проникнуть дальше, в места, о геологическом строении которых известно было очень мало.

Двинулись мы конно-верблюжьим караваном. Лошадей было три собственных, верблюдов — тоже три, нанятых на короткий срок. В их выюках находились бочки с водой, запаса которой при голодном пайке должно было хватить лошадям и людям на три дня. К концу этих трех дней мы обязаны были выйти на воду, ибо более длительный водяной пост летом мог оказаться губительным для верблюдов.

Отправилось нас пятеро: я, тогда 24-летний начальник геологической партии; молодой (как будто бы я был старым!) геолог Вася Дрожжев; казанский татарин Хусаин Файзуханов, парень лет двадцати, второй год

работавший у нас переводчиком (в те времена аульные казахи совсем не знали русского языка); два казаха — Джума Кончубаев, второй год работавший в нашей партии, и владелец верблюдов, пожилой проводник Мажит. Именно Мажит, отлично знавший здешнюю местность, подтвердил, что действительно существует один интересовавший нас родник. Родник этот называется по-разному. Я не помню, как он был обозначен на нашей допотопной сорокаверстной карте (съемки 60-х годов прошлого века!), где его показали на вершине остронцевой возвышенности, носящей в степи гордое название горы. Степные жители и Мажит звали родник иначе — Карабулак (черный родник). На современных картах он не помечен. Находится он в сотне с лишним километров от железной дороги, как раз в том районе, который мы хотели посетить. Мажит утверждал, что родник не замерзает зимой и не иссыкает летом, и мы уверовали, что он не подведет и на этот раз.

Двигались мы по законам верблюжьего каравана. Верблюд идет с равномерностью надежного механизма — три с половиной километра в час, но нельзя, чтобы он шел больше 8—10 часов в день. Дело в том, что ночью верблюд плохо ест, а так как аппетит у него превосходный, караван вынужден останавливаться на ночлег далеко засветло, чтобы верблюды успели насытиться.

Идя не просто без промедлений, а форсированно, мы предполагали добраться до Карабулака за три дня.

Степь лежала вокруг нас молчаливая, пустая, то плоская, то слабохолмистая, в сухих низкорослых кустиках или с участками красных глиняных площадок — такыров. Мы с Дрожжевым отставали от каравана, описывали горные породы в редких овражках, брали образцы.

На третий день начал сказываться голодный водяной паек — лошади притомились, люди попритихли. Верблюды, не получавшие воды, капризничали, на остановках они пытались вытащить зубами втулки из водяных бочек и шли все хуже.

Наконец, во второй половине третьего дня в дрожащих струях горячего воздуха на горизонте высоким горбом возникла темная возвышенность. В плоской степи она казалась действительно горой. Это была долгожданная возвышенность с родником. Все повеселели. Гора приближалась медленно, но верно, становилась не такой внушительной. Наперебой предвкушали мы блаженное чаепитие около родника.

И вдруг! На пухлой красной солончаковой почве, километрах в двух от горы, четко пролегла цепочка свежих верблюжьих следов. Это было впервые за три дня пути. Откуда они? Вот еще цепочка. Какой-нибудь караван недавно прошел через эти места? Но появились многочисленные еще более свежие следы. Они беспорядочно вели туда и сюда, так что даже неопытному следопыту было ясно, что оставившие их верблюды просто паслись. Еще следы. О-о, уже не только верблюжьих, но и лошадиных!

Мы сразу сообразили, что все это значит. Несомненно, на горе стоит группа людей. Кто они? Очень вероятно, что это банда, басмачи, как звали тогда в Средней Азии и Казахстане людей, боровшихся с Советской властью.

Откуда они взялись? Казахи из ближних к базе нашей партии аулов говорили, что здесь совершенно пусто, а мы уже привыкли к прекрасной осведомленности степных жителей относительно всего, что происходит в полутора-двух сотнях километрах от жилья. Именно из таких «источников связи» мы загодя

узнали о приближении по левобережью Сырдарьи басмаческой шайки. Ее люди, переправившись через реку, ограбили кооператив в железнодорожном поселке. Когда мы работали на левом берегу, они увели у нас ночью лучшую лошадь. Но на горе, по всем сведениям, было тихо. Иначе мы и не пошли бы туда.

Вот тебе и чаепитие у родника! Да если бы только чаепитие. Воды у нас нет, и это почти несомненно означало, что мы не дойдем обратно до железной дороги. С безводной степью не шутят — во второе лето работы здесь я уже знал это твердо на примере случаев смерти от жажды нескольких русских людей, легкомысленно отнесшихся к степи.

Медленно продолжали мы ехать к горе, обсуждая, как быть. Мажит, знавший по-русски лишь несколько слов, повторял: «плохой, плохой». Джума скорчился на верблюде, словно стремился стать поменьше. Что нам делать? На вершине горы показались верблюды и человеческий силуэт; в бинокль определили — мужчина в казахской одежде. Нас он не заметил. А что это за темные пятна в степи, левее горы, километрах в полтора? Скорее опять за бинокль! Да это же «их» три лошади пасутся.

И тут мигом пришло решение. Лошадей мало. Значит, есть шанс, что немного и людей (хотя бы и было много следов верблюдов). Родник находится посредине горы — Мажит показал направление. Люди стоят, конечно, у родника. Надо занять такую позицию, чтобы отрезать их от лошадей, а затем пойти в наступление и начать переговоры. И я принял командовать через Хусаина, даже не посоветовавшись с Дрожжевым.

Первое: Джума пусть спрячется с двумя верблюдами у подножия горы. Начиная вечереть, сгущались тени. Когда он положит верблюдов, его и вблизи не заметят. Второе: я, Дрожжев и Хусаин заедем так, чтобы оказаться между родником и лошадьми, и двинемся к роднику. Отрезанные от лошадей, эти люди будут сговорчивее, тем более, что мы не казались безоружными: у меня на поясе висел огромный шестизарядный револьвер Смит-Вессон (в царской Рос-

сии этими револьверами вооружали городских), за спиной Хусаина торчало дуло старинной однозарядной французской винтовки системы Гра (она была с превышением всего на один метр на расстоянии целых пятидесяти метров). Третье: Мажит прямиком отправится на верблюде к роднику для переговоров. Бедняга Мажит, ему ужасно не хотелось быть передовым, но, надо же кому-то взять роль парламентаря. Кому, как не пожилому Мажиту? Ведь появившись неожиданно на роднике я или Дрожжев, взаимное незнание языка могло привести к самым неприятным последствиям. Хусаин же и Джума были явно несолидны для такой миссии.

Не очень знаю, как в подобной ситуации поступил бы я теперь, когда мне не 24, а 73-й год. Наше безвыходно-безводное положение вынуждало к храбрости.

Все прошло более чем буднично. Заехав в степь к «их» лошадям, мы повернули вправо, натолкнулись на тропку и выбрались на плоскую вершину горы. Тропа вела все дальше, и вдруг в небольшой, даже незамеченной котловинке открылся аул — четыре-пять юрт. Около одной из них, обтянутой белыми в красных узорах кошмами, сидели Мажит и плечистый казах, с холеной бородой, в добротном халате, и мирно беседовали. Поодаль держались женщины и суетился грязный, рваный работяга. Ни одной собаки не было в этом спрятавшемся ауле — некому было подать голос на чужака!

Нас радушно встретили, и началось обоюдное щедрое вранье. Хозяин немедленно заявил, что он колхозник, но его колхозные документы увезли на перерегистрацию в город. Я также немедленно поведал, что завтра сюда придут еще инженеры, человек десять, но что ждать я не могу и прошу хозяина принять их с таким же гостеприимством, как он принимает нас (мы уже попивали вкусное молоко). Мы понимали, что перед нами, скорее всего, не откровенный бандит, а прячущийся от коллективизации бай-кулак, то есть бандит между прочим. Тогда, если завтра сюда ожидаются русские (вдруг я не вру?), вряд ли он захочет ре-

зять нас ночью (сколько было мужчин в ауле, мы не знали, да так и не узнали). А Мажит успел шепнуть Хусаину, что хозяин очень испугался, когда он, Мажит, с громкой песней, на всякий случай далеко предварающей его прибытие, выехал на родник.

Только через час разыскали Джуму. На гладкой равнине он ухитрился так спрятаться, что Хусаин рыскал, рыскал, орал до хрипоты, прежде чем Джума откликнулся.<sup>1</sup> Правда, он успел поспать.

Мы роскошествовали, полулежа на толстых одеялах, брошенных поверх кошмы, с подушками под боком. Цельное коровье молоко, которое и пили, и на котором сварили кашу, хороший чай. Давненько мы так не угощались в этот трудный пайковый год, когда основную пищу в экспедиции составляли темные хлебные лепешки, которые мы пекли на костре, и пшенная каша на воде. Холеный важный хозяин покрикивал на грязного работягу, чтобы тот поворачивался быстрее, то — принес, то — унес. Ничего мы уже не опасались, собираясь ко сну.

Однако поздно вечером стряслась беда с Мажитом. Весь день он ехал без шляпы — непостижимое легкомыслие при его степном опыте — и у него произошел тепловой удар. Мажита рвало, нестерпимо болела голова, и без градусника было видно, что он весь пылает. Джума крепко обвязал ему голову через лоб вьючной веревкой, уверяя, что это уменьшает боль. Когда я подошел к больному, он что-то произнес по-казахски, просительно и со стонами. Хусаин перевел, что Мажит очень просит завтра не трогаться в путь. Но и еда людям, и ячмень лошадям были рассчитаны с лабораторной точностью — абсолютно в обрез. Я предложил дать Мажиту его часть продуктов, он денек отдохнет здесь и на своем верблюде легко догонит нас. Мажит, скорчившийся у догорающего костра, перестал стонать. Привстав, он негодующе сверкнул на меня налитыми кровью глазами и сказал через переводчика: «Начальник, ты давно работаешь в степи. Как же ты не понимаешь? Только вы все увидите с родника, тот бай меня за-

режет, возьмет моего верблюда и укроует в пески. Через час здесь никого не будет».

Да, хотя наша атака родника обошлась хорошо, были мы среди недобрых людей...

Утром пришлось уложить Мажита ничком на верблюде, привязав руки проводника к передней части палок, составляющих каркас верблюжьего седла, — сидеть больной не мог. Так он и промучился целый день, и ноги его обреченно свисали у хвоста верблюда. Несколько раз я подъезжал и окликал Мажита. Он отзывался таким слабым голосом, что становилось страшно: не умирает ли? К счастью, вечером ему полегчало.

Когда мы вышли к нашей базе, у нас оставалась горсть соли и с полфунта пшена.

Как и абсолютное большинство «приключений» в геологических экспедициях, мирно закончилась наша эпопея. Возможно, что я изрядно подзабыл бы ее почти за 50 лет (подобно тому, как позабыл другие сходные случаи), если бы не некоторые позднейшие, а также предшествующие обстоятельства, особым образом связывающие представителей семьи Петрушевских с космодромом и изучением Луны. Надеюсь, что рассказ об этом не покажется читателям скучным.

Важнейшее обстоятельство — это возникновение в нашей стране космонавтики, с выбором для космодрома площадки байконурских степей в Казахстане. Когда мне это стало известно, космодром сделался для меня «моим» и забыть о походе я уже не мог.

Как известно, космические исследования начались и у нас, и в Соединенных Штатах Америки. С космодромов в Байконуре и на мысе Канаверал во Флориде ушли в космос корабли с людьми и много других космических аппаратов, в том числе вокруг Луны и на Луну. Усилиями советских и американских ученых Луна за 10—15 лет изучена гораздо лучше, чем за несколько предыдущих столетий. Это — второе обстоятельство.

Третье обстоятельство оказалось разветвленным. В конце 60-х годов были впервые получены надежные

фактические данные относительно обратной, невидимой нам стороны Луны. Вскоре в СССР и в США ученые начали вносить предложения о присвоении собственных имен приметным пунктам рельефа этой обратной стороны. И вот на такой карте, составленной в СССР, я с изумлением увидел кратер Петрушевского. Он был назван в честь моего родного деда!

Дед, Федор Фомич Петрушевский, известный в свое время физик, был профессором Петербургского университета. Я знал в общих чертах, что он интересовался вопросами строения Луны, но не представлял себе характера этого интереса. А оказалось, что интерес был глубоким: в 70-х годах прошлого века со значительным опережением тогдашних научных высказываний Петрушевский предложил целую систему физического исследования поверхности Луны оптическими способами. Лунная тематика стала мне после этого гораздо ближе, чем раньше.

Несколько лет я был уверен, что дед имеет «свой» кратер на обратной стороне Луны, пока летом 1975 года не выяснил, что при окончательном обсуждении новых названий на Луне кратер Петрушевского не утвердили. Вот тогда-то мне захотелось самостоятельно подробнее ознакомиться с существом взглядов деда на изучение Луны. Добытые книги оказались очень любопытными. Я узнал, что в 1873 году на заседании Русского физического общества Петрушевский выступил с докладом «План физического исследования поверхности Луны», который был напечатан в «Журнале Русского химического общества и физического общества» (т. 5, вып. 5, 1873). Краткое резюме содержится в протоколах Физического общества за 1873 год, напечатанных в том же томе и выпуске журнала. В этой работе указано, что над Луной должны быть проведены: а) наблюдения и измерения топографические; б) наблюдения и измерения фотометренные частей Луны; в) измерения фотоспектральные; г) наблюдения поляризационные; д) измерения силы химических лучей различных частей

Луны» (Протоколы, с. 191). Петрушевский подчеркивал, что эти работы «...получат особенную важность, когда будут исследованы земные тела по той же программе» (Статьи, с. 230).

В том же томе журнала опубликована «Заметка о лунном спектрофотометре» Петрушевского. В ней говорится об особом спектрофотометре, который он разрабатывал, стремясь добиться возможности изучать лунную поверхность по квадратам наименьшей величины, что позволило бы увереннее судить об ее устройстве в разных местах.

Вот что писал по этому поводу советский планетолог В. В. Шаронов: «Особенно большой интерес представляют сочинения профессора Петербургского университета Ф. Ф. Петрушевского, в которых на примере Луны впервые выдвигаются и обосновываются идеи исследования природы покрова несамосветящегося небесного тела путем параллельного сопоставления с земными образцами по нескольким оптическим характеристикам одновременно». И далее: «Это было началом того направления в области планетоведения, которое позднее получило широкое развитие в трудах многих советских исследователей».<sup>1</sup>

До сих пор я знал деда лишь по фотографиям (он умер до моего рождения), на которых видел серьезного старика в очках, с не слишком ухоженной бородой. Таков он и на портрете кисти Крамского в Русском музее в Ленинграде. Теперь передо мной отчетливо встал образ ученого, умевшего смотреть вперед за пределы своей эпохи. Дед сделался мне ближе, словно бы я узнал его лично, и появился оттенок родственной гордости за его достижения. В этой связи вспомнился и неоднократно слышанный от матери рассказ о заседании Русского физико-химического общества весной 1895 или 1896 года под председательством деда, когда происходил один из первых или даже

первый публичный показ работы беспроволочного телеграфа А. С. Попова. Помощник Попова с передатчиком находился в одном здании, заседание шло в другом. По мере получения на телеграфной ленте сигналов по азбуке Морзе, Петрушевский писал мелом буквы на демонстрационной доске. Эта первая, более чем краткая радиограмма состояла всего из двух слов «Генрих Герц». Но какая же это была сенсация, эта радиограмма!<sup>2</sup>

Таково третье обстоятельство укрепления в моей памяти нашего карабулакского путешествия.

В мае 1969 года, когда я еще числил за дедом «его» кратер на обратной стороне Луны, прибавилось четвертое обстоятельство. Из США стартовал к Луне корабль «Аполлон-10» и впервые на окололунной орбите были проведены испытания с отделением от корабля спускаемого модуля. Он опускался до 15 км над поверхностью Луны, и летали в нем командир корабля Стаффорд и астронавты Сернан и Янг.

И вот тогда я, на правах внука своего деда, 100 лет назад занимавшего вопросы изучения Луны, послал приветственную телеграмму Стаффорду и его товарищам, первым людям, совсем близко увидевшим Луну. Я постарался объяснить, кто я и почему посылаю эту телеграмму. Не знаю, дошла ли она до Стаффорда — отклика я не получил. Но поход на родник приобрел теперь для меня новое звучание, и я бранил себя, что не фотографировал тогда, считая степь всюду настолько однообразной, что нечего зря тратить пластинки, в результате я не сделал снимков ни горы, ни родника, ни спрятанного аула.

В начале декабря того же 1969 года я возвращался поездом из Алма-Аты в Москву. Вечером мы приехали в места моих работ 1931—1932 годов. Я смотрел на север, думал о космо-

<sup>2</sup> Мне известно несколько печатных источников, в которых упоминается или описан этот эпизод. Во всех них он излагается в деталях несколько по-разному, что для целей настоящего очерка не имеет значения.



ИЗ ИСТОРИИ  
НАУКИ

дроме, которого, вероятно, никогда не увижу, о таких недавних, но уже бесконечно далеких временах, когда степь была пустой и враждебной, о чем ничего не знают люди, работающие на космодроме.

Поезд пошел дальше. Поеживаясь от морозного воздуха, я еще покурил у приоткрытого окна, за которым лежала темнота — густая, непроницаемая. Вот такая темнота окружала нас в 1932 году, в пути на родник. Но я знал, что теперь это уже другая темнота, чем в дни моей молодости.

Казахстанские степи мало изменились внешне за истекшие десятилетия. Но внутреннее содержание изменилось резчайше. В конце 30-х годов, работая в низовьях рек Сарысу и Чу, мы не знали, что в радиусе 300—400 км от нас нет ни одного человека. Степь была безлюдна в буквальном смысле слова. Сейчас разнокалиберные машины натерли в степях десятки раскатанных дорог и почти всюду есть люди.

Заброшенность всех этих пустынных районов иногда не была лишена любопытного своеобразия. Вспоминаю, как в 1935 году мы пересекли пустыню Каракумы, идя верблюжьим караваном от Кызыл-Арвата в предгорьях Копет-Дага на Хиву. Каракумы тогда стояли совершенно безлюдными второй год и все тропы присыпало песком, надутым ветром. Нигде ни следа верблюда или человека; изо дня в день в течение двух месяцев шли мы, словно по пороше, только не снежной, а песчаной. Однако в пустынности степей гораздо больше, чем любопытности, было унылости и нищеты — нищеты и духа,

<sup>1</sup> Шаронов В. В. Природа планет. М.: Гос. изд-во физ.-мат. литер., 1958, с. 18.

и физического существования прозябавших здесь людей.

И вот когда теперь, несколько десятилетий спустя, степи, давно полюбившиеся мне, оказываются населенными, с пробитыми через них дорогами, я радуюсь. «Мои» пустые места осваиваются! Конечно, грустно, что исчезли из степей некоторые животные и птицы, что нет уже в низовьях реки Чу лебедей, некогда крупными стаями гнездившихся на ее плевсах. Сонная ночная болтовня такой стаи порой мешала спать, если

лагерь разбивали слишком близко к лебединому плесу. Но грусть эта искупается тем, что степь ныне не заброшена.

Первейшее место среди всех степных новообразований занимает Байконурский космодром. Жарко в июле в космодромной степи. Струится по горизонту горячий воздух, удаленные предметы отрываются от земли и плавают над ней в смутном мареве. С шорохом бегут по степи маленькие смерчки, туго закручивая высокие столбики пыли и раститель-

ной трухи от сожженных солнцем растений. Небо над степью безоблачное, чуточку блеклое, обещающее недобрый зной с утра до вечера. Но люди на космодроме прекрасно работают. Человечество уверенно может рассчитывать на важные достижения космических кораблей, которым предстоит взлетать отсюда в космос, с казахстанской степи, такой широкой и спокойной под медлительным горячим летним солнцем.

## В ПРЕДВЕРИИ МЕЖЗВЕЗДНОГО ПОЛЕТА

Человек издавна проявлял большой интерес к межзвездным полетам. Каковы же перспективы таких полетов сейчас? Эта проблема обсуждается в статье Л. Д. Джаффе с коллегами, опубликованной в «Journal of the British interplanetary society», 1980, 33, 1.

Авторы считают, что возможности современной космонавтики не позволяют в настоящее время осуществить такие полеты, но темпы развития ракетной техники не исключают первых шагов в этом направлении к 2000 году. К этому времени, вероятно, окажется возможным запуск космического аппарата, скорость которого относительно Солнца (когда он покинет Солнечную систему) будет составлять около 100 км/с. Однако даже при такой скорости полет до ближайшей звезды ( $4 \cdot 10^{13}$  км) займет почти 10 000 лет... Ясно, что рассматривать подобный проект сейчас преждевременно. Полет же на несколько сотен или даже тысяч астрономических единиц от Солнца уже через двадцать лет представляется реальным.

В качестве источников энергии для ускорения космического аппарата за пределами сферы притяжения Земли (области, на границе которой гравитационные ускорения от Земли

и Солнца равны) предлагаются двигатели «малой тяги», обеспечивающие небольшое по абсолютной величине ускорение, но зато в течение длительного времени: «солнечный парус» большой площади, использующий давление солнечного излучения; ионные двигатели, термоядерные и даже аннигиляционные источники энергии.

При скорости космического аппарата 50—100 км/с полет на расстояние 500—1000 а. е. займет около 50 лет. Серьезную проблему представляет создание космического аппарата и аппаратуры, способной надежно работать в течение такого длительного срока. Придется также предусмотреть и возможность периодической калибровки аппаратуры во время полета. В ходе такого полета будут, наверное, решаться многие задачи. К их числу относятся:

— исследование Плутона с пролетной траектории. В 2005 году планета будет располагаться в наибо-

лее близкой к Солнцу части своей орбиты. При использовании двигателей «малой тяги» (например, электрореактивных двигателей) полет до Плутона займет, по-видимому, 3—4 года;

— исследование местоположения и характеристик гелиопаузы — области, где солнечный ветер непосредственно взаимодействует с набегающим межзвездным газом;

— изучение некоторых глобальных характеристик Солнечной системы например распределение в ней пыли, нейтрального и ионизированного газа;

— исследование космических лучей малых энергий, которые выметаются магнитным полем Солнца;

— непосредственное изучение межзвездной среды;

— уточнение расстояний до звезд и галактик;

— обнаружение планетных систем вокруг других звезд;

— исследование далеких галактических и внегалактических объектов.

Кандидат физико-математических наук  
ЧЕСНОКОВ В. И.





Кандидат педагогических наук  
ЛЕВИТАН Е. П.

## Съезд ВАГО в Алма-Ате

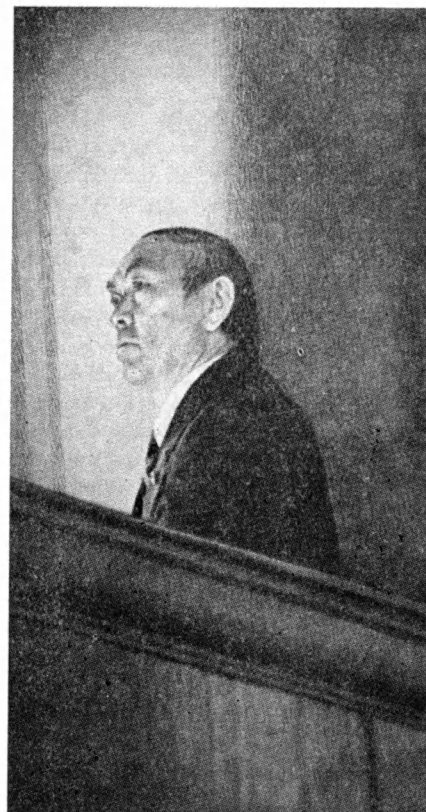
Съезды Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) при Академии наук СССР созываются через пять лет. А ведь кажется, что совсем недавно съезды проходили в Ереване (Земля и Вселенная, 1976, № 3, с. 64—69.— Ред.), Казани (Земля и Вселенная, 1971, № 2, с. 50—55.— Ред.), Риге (Земля и Вселенная, 1966, № 1, с. 42—49.— Ред.)... Быстро мчится время. В нашей стране его пульс отчитывают пятилетки исторических свершений. Как подчеркивалось в проекте ЦК КПСС к XXVI съезду партии «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», «советский народ под испытанным руководством ленинской партии, претворяя в жизнь экономическую стратегию, выработанную XXIV и XXV съездами КПСС, достиг дальнейших успехов в создании материально-технической базы коммунизма и повышении благосостояния советских людей».

Не случайно местом проведения VII съезда ВАГО была выбрана столица Казахской Советской Социалистической Республики. Сегодня этот город, расположенный у подножия Залийского Алатау, стал не только крупным административным, экономическим и культурным, но и значительным научным центром. Труды ученых Астрофизического института АН КазССР и казахских геодезистов известны далеко за пределами республики. Пройдут годы, и в 100 км от Алма-Аты на Ассы-Тургенском плато (2700 м над уровнем моря) будет сооружена высокогорная астрофизическая обсерватория.

В начале декабря 1980 года в Алма-



*Президент ВАГО  
член-корреспондент АН СССР  
Ю. Д. Буланже открывает съезд*



*Академик-секретарь Отделения  
физико-математических наук  
АН КазССР О. А. Таулыков  
приветствует съезд*

Ату приехало свыше 300 делегатов и участников VII съезда ВАГО — представители 8000 действительных членов общества, 2000 членов юношеской секции и 225 членов-коллективов, входящих в состав 71 местного отделения общества. Открывая съезд,

президент ВАГО член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже охарактеризовал основные направления работы общества в прошедшей пятилетке. Более подробно об этом говорилось в отчетном докладе Центрального совета ВАГО, который прочитал уче-



ный секретарь ЦС ВАГО В. А. Бронштэн.

Центральный совет ВАГО, президиум и оргсекция ЦС ВАГО (председатель профессор Л. С. Хренов) направляли всю организационную работу общества, уделяя особое внимание активизации деятельности существующих и созданию новых отделений ВАГО (за отчетный период появилось шесть новых отделений). Продолжали развиваться международные связи общества: встречи с учеными и любителями астрономии, приезжающими в нашу страну, заграничные поездки членов ВАГО, освещение деятельности зарубежных обществ любителей астрономии на страницах журнала «Земля и Вселенная», переписка и обмен печатной информацией. В издательстве «Наука», а также в ряде отделений ВАГО вышли в свет книги и сборники статей, написанные членами ВАГО (председатель редсекции профессор Д. Я. Мартынов).

Астрономическая секция (председатель В. А. Бронштэн) провела большую работу по подготовке к наблюдению полного солнечного затмения 31 июля 1981 года (Земля и Вселенная, 1981, № 2, с. 59—64.— Ред.), оптимально распределив экспедиции отделений ВАГО вдоль полосы затмения. Энтузиазм членов ВАГО, занимающихся проблемой Тунгусского падения, помог как будто бы окончательно установить факт взрыва космического тела и оценить ряд характеристик взрыва и самого взорвав-

шегося тела (скорее всего, ядра кометы). Многие отделения ВАГО проводят исследования падений метеоритов и метеоритных кратеров, визуальные и фотографические наблюдения метеоров и переменных звезд. Члены ряда отделений ВАГО наблюдают планеты, Солнце, покрытия звезд Луной, выполнены первые успешные наблюдения покрытий звезд астероидами. При астрономической секции ЦС ВАГО создана подсекция космической газодинамики (председатель профессор К. П. Станюкович). В Московском и Ленинградском отделениях ведутся работы по планетологии. На VI съезде ВАГО была предложена и принята исследовательская программа комплексных наблюдений серебристых облаков «Мезо». В ходе ее выполнения в 1976—1980 годах проведено 1250 патрульных наблюдений и зарегистрировано более 440 появлений серебристых облаков. В работе отдела серебристых облаков (зав. отделом В. А. Ромейко) участвовало 16 отделений ВАГО. Ощутимо возрос уровень проводимых исследований, которые включают не только наблюдения, но и ценные теоретические работы. Немало потрудились и телескопостроители (зав. отделом М. М. Шемякин), итоги работы которых регулярно подводились на коллоквиумах в Баку, Риге и Москве (Земля и Вселенная, 1972, № 4, с. 54—56; 1977, № 1, с. 84—85.— Ред.). Наш журнал неоднократно публиковал статьи, в которых рассказывалось об

### *Президиум VII съезда ВАГО*

оригинальных конструкциях любительских телескопов (Земля и Вселенная, 1978, № 4, с. 81—83; 1974, № 4, с. 74—80; 1976, № 3, с. 90—91; 1980, № 1, с. 66—70.— Ред.). В Московском, Ялтинском, Латвийском и Ленинградском отделениях ВАГО проводили исследования по истории астрономии (председатель комиссии В. К. Луцкий). О некоторых ее результатах известно читателям журнала (Земля и Вселенная, 1975, № 4, с. 84—86.— Ред.).

Геодезическая секция ЦС ВАГО (председатель М. Г. Герасименко) активно участвовала в мероприятиях, посвященных 100-летию нивелирной сети СССР, 60-летию советской геодезии и картографии, 50-летию Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии, 200-летию Московского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (Земля и Вселенная, 1979, № 5, с. 42—46.— Ред.), а также юбилею выдающегося советского геодезиста Ф. Н. Красовского. Геодезисты доложили съезду о тех многочисленных совещаниях и семинарах, в подготовке и проведении которых ВАГО участвовало наряду с другими организациями. Геодезические секции местных отделений ВАГО занимались различными проблемами инженерной геодезии, раз-





вертывали научно-пропагандистскую и методическую деятельность.

Картографическая секция (до съезда председателем был профессор Е. Е. Ширяев) — самая молодая секция ЦС ВАГО (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 58—60.— Ред.) находится в стадии становления. Ее активисты проводили организационную и научно-пропагандистскую работу, участвовали в различных научно-технических конференциях и совещаниях.

Учебно-методическая секция ЦС ВАГО (председатель профессор В. В. Радзиевский) сосредоточила свои усилия на повышении идеологического и методического уровня преподавания астрономии, геодезии, картографии в средних школах и ПТУ, а также в высших учебных заведениях. Было немало сделано для того, чтобы разъяснить недопустимость и вредность идеи интеграции курса астрономии в средней школе с курсом физики, означающей на деле просто ликвидацию астрономии как самостоятельного учебного предмета. Активисты секции подготовили и издали ряд необходимых школам и ПТУ учебных пособий, диафильмов, книг для внеклассного чтения. Разработанная ими существующая ныне программа курса астрономии была положена в основу недавно утвержденной Министерством просвещения СССР «типовой программы». Члены многих отделений ВАГО регулярно проводят консультации, семинары и курсы для преподавателей астрономии, выполняя эту работу в контакте с институ-

тами усовершенствования учителей. Большое внимание секция уделяла проблеме содержания обучения астрономии в пединститутах (и особенно на физико-астрономических отделениях).

Массовая секция (председатель К. А. Порцевский) координировала лекционную деятельность членов ВАГО, оказывала помощь планетариям и народным обсерваториям, участвовала в создании наглядных пособий. Члены массовой секции пропагандировали достижения современной астрономии и космонавтики по радио, телевидению, на страницах газет и журналов, в частности, в журнале «Наука и жизнь».

Юношеская секция (председатель Б. Г. Пшеничнер) была инициатором подготовки и проведения III и IV слетов юных астрономов (Земля и Вселенная, 1977, № 2, с. 82—87; 1980, № 4, с. 72—77.— Ред.), астрономической олимпиады в телевизионном журнале «Звездочет», семинаров для руководителей астрономических коллективов школьников. Особенно интересную работу с юными любителями астрономии руководители юношеских секций проводят в Москве, Ленинграде, Симферополе, Новосибирске, Ярославле, Запорожье (Земля и Вселенная, 1978, № 1, с. 78—84; 1977, № 3, с. 88—93; 1973, № 3, с. 76—78.— Ред.). Лет двадцать-тридцать тому назад лишь в очень немногих школах работали астрономические кружки. Ныне такие кружки включены в перечень кружков, рекомендо-

ванных школам Министерством просвещения СССР, а типовые проекты Дворцов пионеров и Станций юных техников предусматривают сооружение обсерваторий. Делегаты VII съезда ВАГО могли убедиться в том, что создаваемый в Алма-Ате Дворец пионеров будет иметь планетарий и обсерваторию.

На пленарных заседаниях съезда кроме отчетного был заслушан и ряд других докладов. Это, прежде всего, доклад казначея ВАГО Н. А. Полякова, в котором, в частности, обосновывалась необходимость увеличения размера взносов, поступающих от индивидуальных и коллективных членов общества, а также отчислений от проводимых в отделениях хозяйственных работ. Заключение Центральной ревизионной комиссии по работе ВАГО и ЦС ВАГО было прочитано И. Т. Зоткиным. С докладами о работе Алма-атинского отделения ВАГО выступил В. Г. Тейфель, Целиноградского — В. И. Ворожцов, Рудненского — Е. А. Семенихин.

Большой интерес вызвали научные доклады. Профессор В. Г. Горбачкий рассказал о фундаментальных проблемах физики звезд, связанных с исследованием долгопериодических переменных. Профессор Л. П. Пеллинен посвятил свое выступление системам отсчета, используемым при изучении динамики Земли. Вице-президент ВАГО А. С. Земцев доложил о развитии геодезии в нашей стране в X и XI пятилетках. Успехи казахских астрономов и геодезистов были отра-



*Ученый секретарь ЦС ВАГО В. А. Бронштэн выступает с отчетным докладом Центрального совета ВАГО*



*Казначей ВАГО Н. А. Поляков отчитывается о финансовой деятельности ВАГО*



*Вице-президент ВАГО А. С. Земцев рассказывает о развитии геодезии в СССР в 11-й пятилетке*

жены в выступлениях члена-корреспондента АН КазССР Т. Б. Омарова и инженера В. Э. Сигалова.

Несколько десятков докладов были сделаны и обсуждены на секционных заседаниях съезда. По традиции работали астрономическая, геодезическая, учебно-методическая и массовая секции. Не пытаюсь перечислить все сделанные доклады (их было около ста), упомяну лишь основные, привлекая к себе наибольшее внимание.

На заседаниях астрономической секции научные доклады касались трех проблем: во-первых, физики планет-гигантов и спутников этих планет (В. Г. Тейфель, Э. М. Дробышевский), во-вторых, спектральных исследований галактик (Э. К. Денисюк), и наконец, проблем комет и метеоров (В. П. Томенов, Н. А. Беляев, К. И. Чурюмов и В. А. Бронштэн). Резолюция съезда по астрономической секции предусматривает завершение подготовки и организацию наблюдений полного солнечного затмения 31 июля 1981 года, продолжение исследования Тунгусского падения, организацию систематических наблюдений метеорных потоков Акварид и Орионид с целью исследования распределения метеорной материи в окрестностях кометы Галлея, рассмотрение вопроса об организации подсекции атмосферной оптики, продолжение научно-любительских наблюдений переменных звезд и других объектов.

Впервые на съезде ВАГО были организованы заседания подсекции геодинамики. Надо сказать, что до сих пор специалисты вкладывают в термин «геодинамика» различное содержание и нет унифицированного определения этой быстро прогрессирующей отрасли знаний. Тем не менее общий круг явлений, изучаемых геодинимикой, сейчас уже достаточно определен. Он охватывает ряд глобальных, региональных и локальных процессов. К глобальным явлениям можно отнести взаимодействие и эволюцию системы Солнце — Земля — Луна; смещение ядра Земли и конвекцию в нем, конвективные перемещения вещества в мантии, сезонные перемещения водных и воздушных масс и связанные с этим изменения

положения центра масс и моментов инерции Земли, колебания полюса и неравномерность вращения Земли, вариации силы тяжести. Региональные явления, обусловленные перемещением литосферных плит, связаны с процессами формирования крупных структурных единиц земной коры и крупномасштабными изменениями поверхности океанов.

Локальные явления — это, прежде всего, деформации земной коры, происходящие на ограниченной территории, а также вариации силы тяжести, обусловленные местными причинами. В геодинимических исследованиях используются спутниковые, доплеровские и лазерные методы, светолокация Луны, метод длинноволновой радиointерферометрии, прецизионные гравиметры.

Наибольший интерес на заседаниях подсекции вызвал доклад Ю. Д. Буланже, Н. Н. Парийского и Л. П. Пеллинена «Использование измерений силы тяжести при установлении и реализации отсчетной системы координат для геодинимики». В нем, в частности, был наглядно показан прогресс абсолютного метода измерений силы тяжести, отмечены научные и народнохозяйственные задачи, при решении которых используются прецизионные гравиметрические измерения, сообщены результаты обработки высокоточных наблюдений, выполненных с помощью отечественного абсолютного лазерного гравиметра.

В обширную программу заседаний геодезической секции были включены доклады о проблемах инженерной геодезии и топографических работ (А. С. Земцев, В. А. Крумелис, Ю. В. Столбов и др.), доклады, посвященные методам и инструментам современной геодезии (М. Т. Прилепин, А. Г. Бегларян, С. Н. Яшкин и др.), доклады, в которых рассматривались вопросы повышения эффективности автоматизации и математической обработки геодезических измерений (П. И. Михаев, Л. П. Некрасов, Г. В. Макаров и др.).

Доклады картографов касались картографического отображения Земли, Луны, Марса и Меркурия (Г. Н. Каттерфельд, М. А. Платоненко и др.), автоматизации картографических ра-



бот (А. С. Васмут, Г. М. Кирьяков, А. С. Васильев и др.), а также некоторых вопросов истории картографии (Д. Н. Фиалков, А. С. Тиньков). В резолюции съезда, принятой по предложению геодезистов и картографов, четко сформулированы основные направления работ, которые намечают провести геодезические и картографические секции ЦС ВАГО в период между VII и VIII съездами общества.

В докладах на заседаниях учебно-методической секции обсуждались вопросы формирования диалектико-материалистического мировоззрения студентов (В. И. Курышев), рассматривалось содержание обучения на физико-астрономических отделениях педвузов (В. В. Радзиевский), анализировались роль и место общеобразовательного курса астрономии в системе астрономического образования (Е. П. Левитан), а также учебная литература по астрономии (А. В. Артемьев). Впервые на заседаниях этой секции были заслушаны и обсуждены доклады о проблемах геодезического образования (Н. С. Чирячев, И. В. Лесных, Е. И. Паншин и др.).

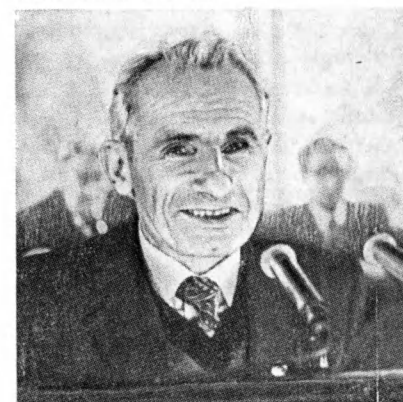
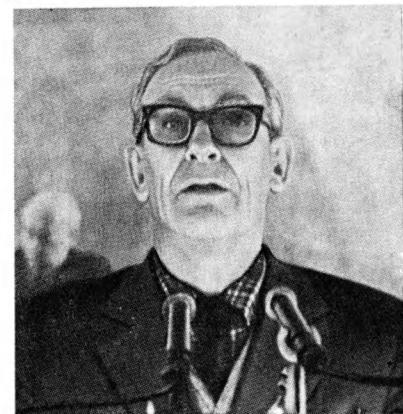
Резолюция съезда по учебно-методической секции призывает Министерство просвещения СССР и Государственный комитет СССР по профессионально-техническому образованию принять действенные меры к улучшению преподавания астрономии в средних школах, ПТУ и педвузах. Это прежде всего относится к созданию высококачественных учебников, пособий и учебного оборудования, а также к разработке прог-

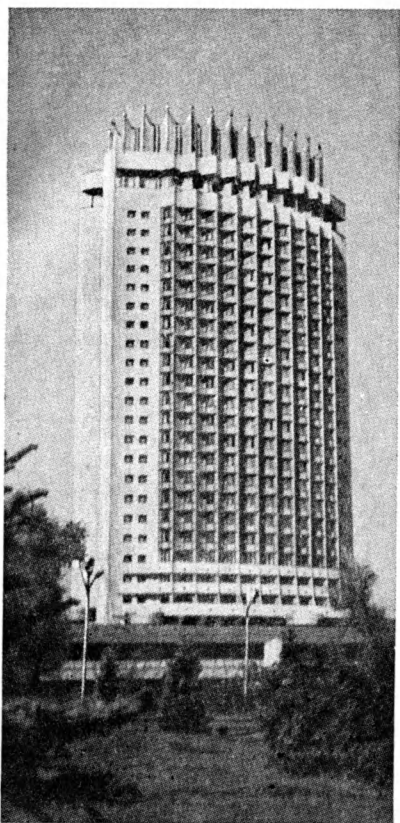
*На трибуне съезда:*  
С. С. Войнов (Туансе),  
В. А. Крумелис (Киев),  
А. К. Плахтий (Ташкент),  
А. В. Буткевич (Львов),  
Л. К. Войславский (Харьков)

рамм, по которым будет осуществляться подготовка студентов в педвузах.

Доклады на заседаниях массовой секции касались перспектив развития планетариев в нашей стране (К. А. Порцевский), основных направлений научно-любительских работ в народных обсерваториях (И. Т. Зоткин), совместной работы планетариев и школ (И. А. Стамейкина), пропаганды астрономии в условиях пионерского лагеря (С. С. Войнов). Резолюция съезда по массовой секции включает мероприятия, в основном направленные на дальнейшее развитие сети планетариев и народных обсерваторий в СССР.

На заключительном пленарном заседании съезда были избраны почетные члены и сообщено о поощрительных премиях ВАГО. Почетными членами ВАГО избраны академик А. Б. Северный, профессора Л. С. Хренов, А. В. Буткевич, Д. Н. Фиалков, В. М. Королевцев, Г. Ф. Глотоз, В. Э. Фрейс; кандидат технических наук В. А. Крумелис; инженеры Н. А. Поляков, К. А. Лосев; один из старейших любителей астрономии В. М. Чернов. Поощрительных премий ВАГО удостоены: В. М. Кириченко за руководство работой любителей астрономии Сибири и Дальнего Восто-





Гостиница «Казахстан»  
в Алма-Ате

Фото Ю. Куйдина

ка; Л. Л. Сикорук за работы в области любительского телескопостроения и за пропаганду любительского телескопостроения средствами кино и телевидения; Г. В. Шуваев за руководство работами по любительскому телескопостроению; рабочий Б. Н. Никифоров за помощь, оказанную ученым в поисках метеорита Царев (Земля и Вселенная, 1980, № 3, с. 35.—Ред.) и пропаганду метеоритики в Волгоградской области. В свое время два первых лауреата премий ВАГО выступали на страницах «Земли и Вселенной» (1980, № 2, с. 60—66; 1981, № 1, с. 66—70.—Ред.).

VII съезд ВАГО избрал новый состав Центрального совета и Центральной ревизионной комиссии. Сразу же после закрытия съезда состоялся пленум ЦС ВАГО. Пленум единогласно вновь избрал члена-корреспондента АН СССР Ю. Д. Буланже президентом ВАГО. В состав прези-

диума ЦС ВАГО вошло 18 человек, в их числе вице-президенты ВАГО, председатели секций ЦС ВАГО и ученые секретари ЦС ВАГО. Первым вице-президентом ВАГО избран профессор Л. С. Хренов, вице-президентами — профессор В. В. Радзиевский, А. С. Земцев, Г. С. Хромов, председателями секций: астрономической — В. А. Бронштэн, геодезической — М. Г. Герасименко, учебно-методической — Е. П. Левитан, массовой — К. А. Порцевский, юношеской — Б. Г. Пшеничнер, редакционно-издательской — профессор Д. Я. Мартынов, картографической — профессор А. С. Васмут. Учеными секретарями ЦС ВАГО избраны В. А. Бронштэн и Л. В. Неверов, председателем Центральной ревизионной комиссии — И. Т. Зоткин.

Алма-атинский оргкомитет, возглавляемый Т. Б. Омаровым, сделал все возможное, чтобы пребывание в Алма-Ате было для делегатов полезным и приятным. Заседания съезда происходили в помещении президиума Академии наук КазССР и в залах ряда институтов Академии наук. Делегаты жили в недавно построенной 27-этажной гостинице «Казахстан». Уникальное здание этой гостиницы, способной одновременно принять 1000 человек, образует вместе с Дворцом культуры имени В. И. Ленина и кинотеатром «Арман» архитектурный ансамбль, умело вписанный в облик города. Всего лишь несколько минут потребует для того, чтобы вагончик канатной дороги доставил вас на Кок-Тюбе, откуда открывается панорама Алма-Аты и где уютно расположились «юрты» ресторана «Аул». Это лишь один пример сочетания впечатляющих современных комплексов зданий с элементами национального стиля в архитектуре города.

В память участников съезда надолго останутся экскурсия на высокогорный каток «Медео», посещение Астрофизического института АН КазССР и просто поездки по улицам Алма-Аты. Запомнится, конечно, и городской базар, где гости города, носящего имя «Отец яблок», могли отведать знаменитый алма-атинский апорт...

Фото И. Нояченко



## СОВЕЩАНИЕ В АБАСТУМАНИ

В сентябре 1980 года в Абастумани состоялось XV Всесоюзное совещание по полярным сияниям и свечению ночного неба. Оно было организовано Абастуманской астрофизической обсерваторией АН ГССР совместно с Междугосударственным геофизическим комитетом при Президиуме АН СССР и Институтом физики атмосферы АН СССР и посвящено излучению верхней атмосферы как индикатору гелиогеофизической активности.

Обсуждались проблемы, которые вошли в Международную программу исследования средней атмосферы: свечение верхней атмосферы и вариации ее составляющих в сумеречное и ночное время, внутренние гравитационные волны и влияние их на поведение эмиссий и характеристик верхней атмосферы, лазерное зондирование светящихся слоев, влияние метеорного вещества на вертикальный профиль аэрозольной составляющей атмосферы.

На совещании было решено развить комплексные исследования верхней атмосферы Земли с помощью наземных оптических, ракетных и спутниковых измерений, глубже изучать внутренние гравитационные волны для уточнения механизма их генерации, организовать совместные наблюдения из различных пунктов страны — Абастумани, Ашхабада, Звенигорода, Тбилиси, Обнинска, Фрунзе, Якутска, с острова Хейса, совершенствовать наблюдательную аппаратуру.

Участники совещания познакомились с Абастуманской обсерваторией и исследованиями, проводимыми в ней. Они также совершили экскурсию в Сафарский храм и монастырь.

Доктор физико-математических наук  
МЕГРЕЛИШВИЛИ Т. Г.



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ

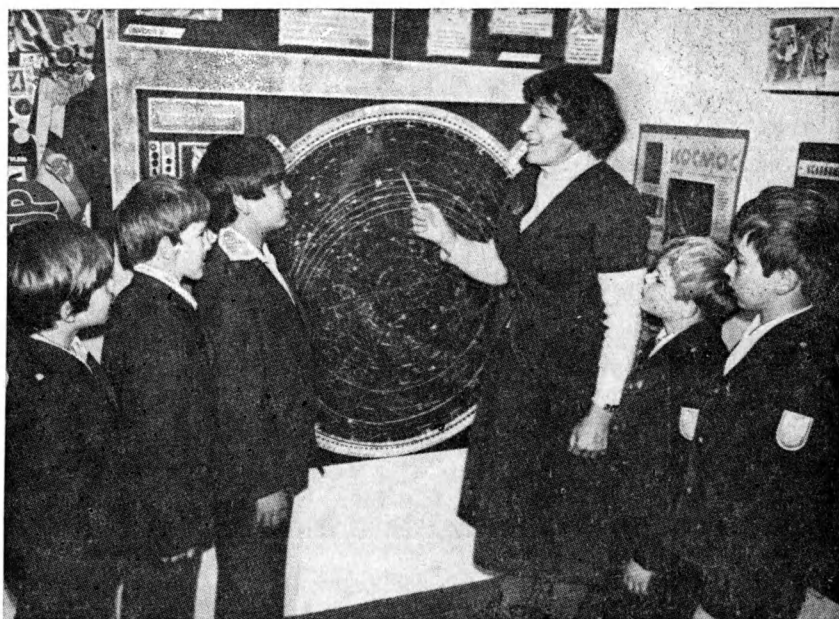
Руководитель  
детской астрономической  
обсерватории «Венера»  
БРЯНЦЕВА Л. И.

## Клуб юных астрономов Донецка

Больше десяти лет работает при Средней школе № 96 города Донецка клуб юных любителей астрономии. Сейчас заседания клуба проходят в детской астрономической обсерватории «Венера», созданной при жилищно-коммунальной конторе Строительного управления № 2 Донецкшахтстроя.

Зачинателем внеклассной работы по астрономии в Донецкой области считается Иван Федорович Шумило. Более десяти лет он руководит обсерваторией «Сатурн» в пионерском лагере «Буревестник» Управления Донецкой железной дороги. И. Ф. Шумило разработал программу занятий с юными астрономами, по которой работает и обсерватория «Венера». Создатели обсерватории, как и Донецкая областная организация общества «Знание», уделяют большое внимание обучению ребят лекторскому искусству. Выступление юных лекторов неоднократно прослушивали члены секции астрономии и космонавтики общества «Знание»: доцент З. Я. Евсеев, Т. В. Норовская, председатель секции И. Ф. Шумило, референт Л. И. Пономарева; лекторам оказывалась методическая помощь. В 1975 году на республиканском семинаре лекторов общества «Знание» в Симферополе опыт дончан получил одобрение.

Юные астрономы выступают с лекциями перед сверстниками и взрослыми в школах, пионерских лагерях, рабочих общежитиях и Домах культуры. Лекции сопровождаются показом цветных диапозитивов, а иногда и демонстрацией в школьный телескоп-рефрактор Луны, планет, Солнца. Самые активные лекторы — пред-



*Л. И. Брянцева знакомит ребят с демонстрационной картой И. Ф. Шумило*

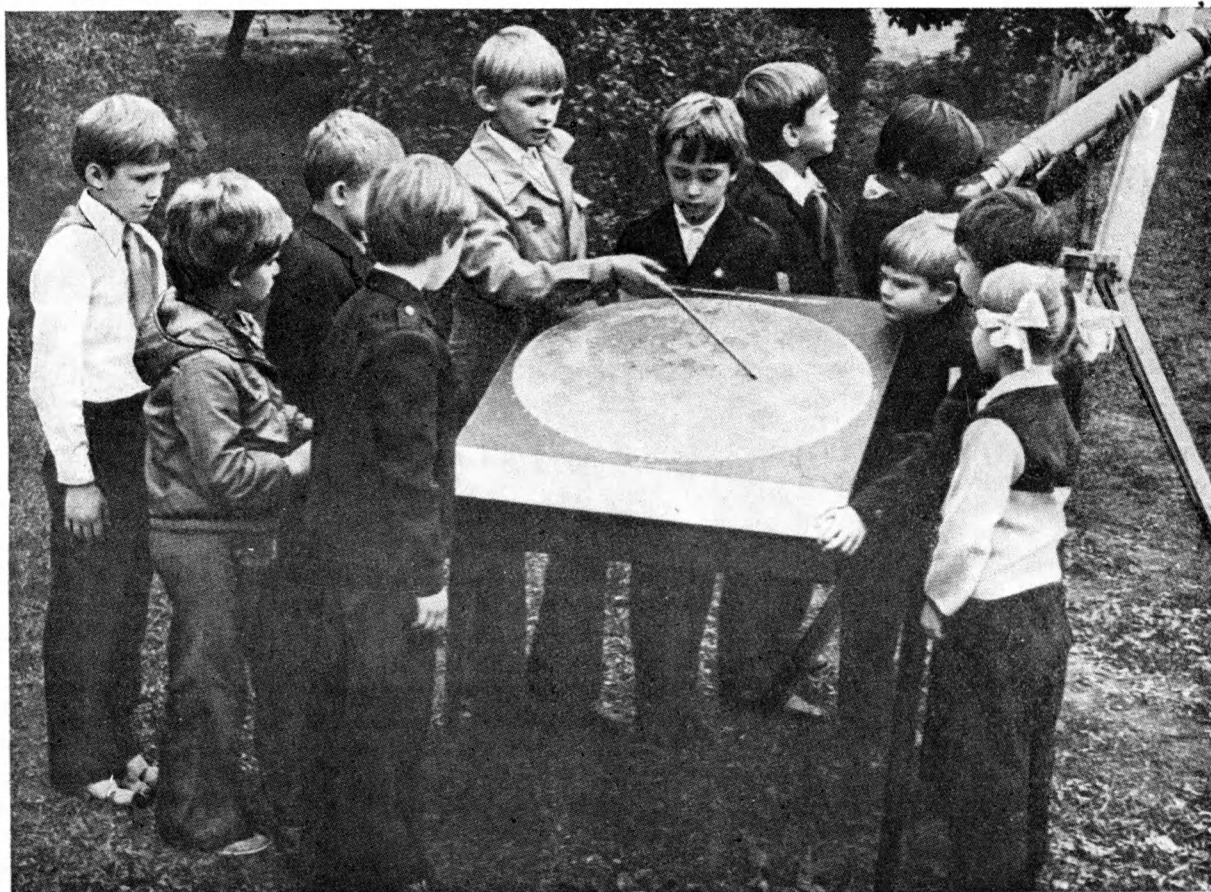
седатель клуба юных любителей астрономии Дмитрий Литвиненко, Светлана Иокко и Наталия Потапова.

В обсерватории «Венера» члены клуба наблюдают Солнце и определяют числа Вольфа, делают зарисовки Луны, следят за движением искусственных спутников Земли, наблюдают метеорные потоки и лунные затмения, осваивают технику астрофотографии. На занятиях юные астрономы часто пользуются демонстрационной картой, созданной И. Ф. Шумило. С помощью этой карты ребята рассчитывают для широты Донецка

периоды лучшей видимости планет. По ней можно также установить, каким будет звездное небо в любой день для городов, расположенных на различных широтах.

В последние годы обсерваторию «Венера» посещают дети из различных школ Донецка. Ее активными членами стали Евгений Павленко, Юлия Тульман, Власта Венц, Михаил Губанов, Андрей Гайдуков, Евгений Дейнега. Когда в обсерваторию стали приходить учащиеся 2—4 классов, был организован клуб «Почемучек». На занятиях этого клуба младшие школьники постигают азы астрономии.

Работа клуба юных любителей астрономии получила одобрение участников Донецкого областного семинара учителей астрономии и Всесоюз-



*Василий Величко — председатель клуба «Почемучек» — показывает самым юным астрономам лунную карту*

ного семинара руководителей астрономических кружков в 1978 году. На

последнем семинаре члены клуба представили тридцать красочно оформленных альбомов, в которых отражен опыт работы клуба, и фотодисплей. Многие альбомы имели яркую атеистическую направленность, например альбомы «Наука и практи-

ка против религии», «Наука и религия о Вселенной».

Фото В. Литвиненко

**Уважаемые читатели!**

Не забудьте вовремя оформить подписку на второе полугодие 1981 года.

Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати». Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в Центральную контору «Академкнига» по адресу: Москва, Центр, Большой Черкасский переулок, д. 2/10.



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ

**ЛИТВИНОВА Л. И.**  
(Институт усовершенствования  
учителей г. Сумы)

## Планетарий в школе

16 сентября 1977 года в Ахтырской школе-интернате (Сумская область) был открыт планетарий. Его активными строителями были учащиеся школы-интерната. Организовать коллектив учащихся, учителей, шедов на строительство планетария сумел директор школы-интерната Б. И. Вавенко. Демонстрационное оборудование помогли приобрести Всесоюзное общество «Знание» и Харьковский планетарий.

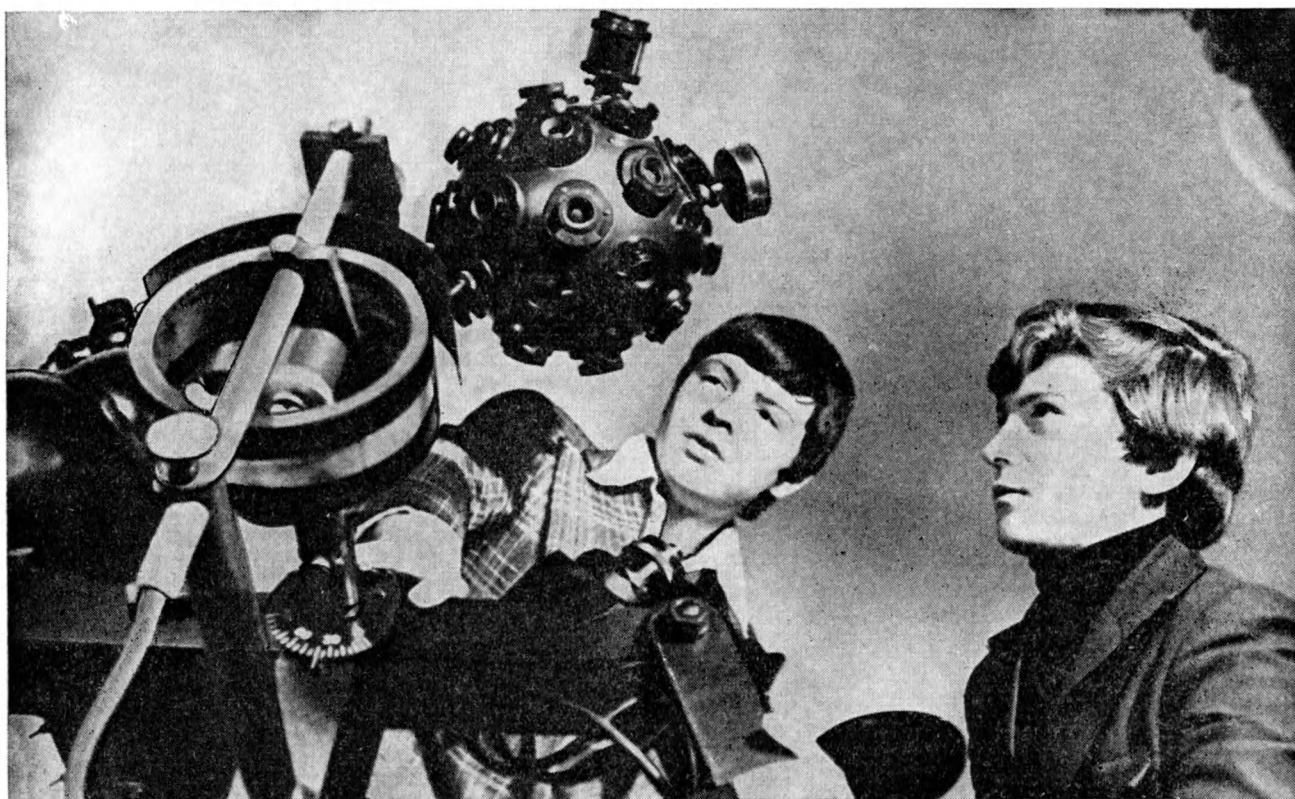
Звездный зал школьного планетария вмещает 80 человек. Аппарат «Малый планетарий» народного предприятия «Карл Цейс Йена» проецирует на 8-метровый купол до 2000 звезд. Специальные механизмы позволяют показать суточное движение светил, созвездия обоих полушарий, вид звездного неба на разных широтах, основные линии и точки небесной сферы. В звездном зале установлено 14 оптико-механических приборов, изготовленных экспериментальной фабрикой наглядных пособий Всесоюзного общества «Знание». Они воспроизводят на куполе модель Солнечной системы, восход и заход Солнца, фазы Луны, солнечные и лунные затмения, явление метеоров, полярное сияние, полет искусственных спутников Земли и космических кораблей. Диапроекторы помогают зрителю как бы перенестись в любую точку земного шара и наблюдать из этих пунктов различные астрономические явления. Управление всей демонстрационной техникой лектор осуществляет с пульта, вмонтированного в кафедру.

В планетарии часто проводятся уроки астрономии. Демонстрационные возможности планетария позволяют



*Планетарий в Ахтырской школе-интернате*

сочетать с наглядными наблюдениями изучение таких тем в курсе астрономии, как «Строение Солнечной системы», «Солнечные и лунные затмения», «Звездное небо, его види-



*Десятиклассники  
Виктор Чернявский и  
Юрий Мищенко  
готовят аппарат «Планетарий»  
в работе*

мое вращение. Созвездия», «Небесные координаты» и др. Показ астрономических явлений в планетарии подготавливает школьников к наблюдениям под открытым небом. Так, предварительное изучение звездного неба в планетарии облегчает знакомство с основными созвездиями, развивает навыки ориентировки по звездам.

Успешно используют аппарат «Планетарий» учителя географии и природоведения. Когда школьники 5 классов изучают в курсе географии тему «Ориентирование», в планетарии демонстрируются околополярные созвездия, объясняется, как найти Полярную звезду и стороны света по звездному небу.

В планетарии занимаются учащиеся

не только Ахтырской школы-интерната, но и других школ города. В 1979/80 учебном году в планетарии был прочитан цикл из десяти лекций для старшеклассников всех городских школ. Эти лекции способствуют расширению и углублению астрономических знаний учащихся.

При школе-интернате создан астрономический кружок, которым руководит учитель физики и астрономии И. И. Громак. На теоретических занятиях кружковцы знакомятся с развитием научных представлений о Вселенной и Солнечной системе, с проблемами освоения космического пространства и современными исследованиями Луны и планет. На практических занятиях ребята изучают карту звездного неба, работают с астрономическими приборами. В кружке организована небольшая лекторская группа. Занимательные беседы с младшими школьниками проводят старшеклассники Светлана Овчаренко, Алла Ткаченко и Виктор Чернявский.

В Ахтырской школе-интернате сложилась глубоко продуманная система научно-атеистического воспитания школьников. Она включает проведение общешкольных вечеров, работу кружков юных атеистов и астрономического, выпуск газет «Юный атеист», «Звездочет», пропаганду атеистических знаний среди учащихся. Значительную помощь в этой работе оказывает школьный планетарий.

В планетарии постоянно действует лекторий секции научного атеизма Всесоюзного общества «Знание». Его слушатели — рабочие, служащие, труженики села. Учителя школы, научные работники, лекторы общества «Знание» прочли свыше 60 лекций в школьном планетарии, на которых побывало около 10 000 человек.

Фото автора





КРЫЛОВ А. Н.

## Портативный телескоп

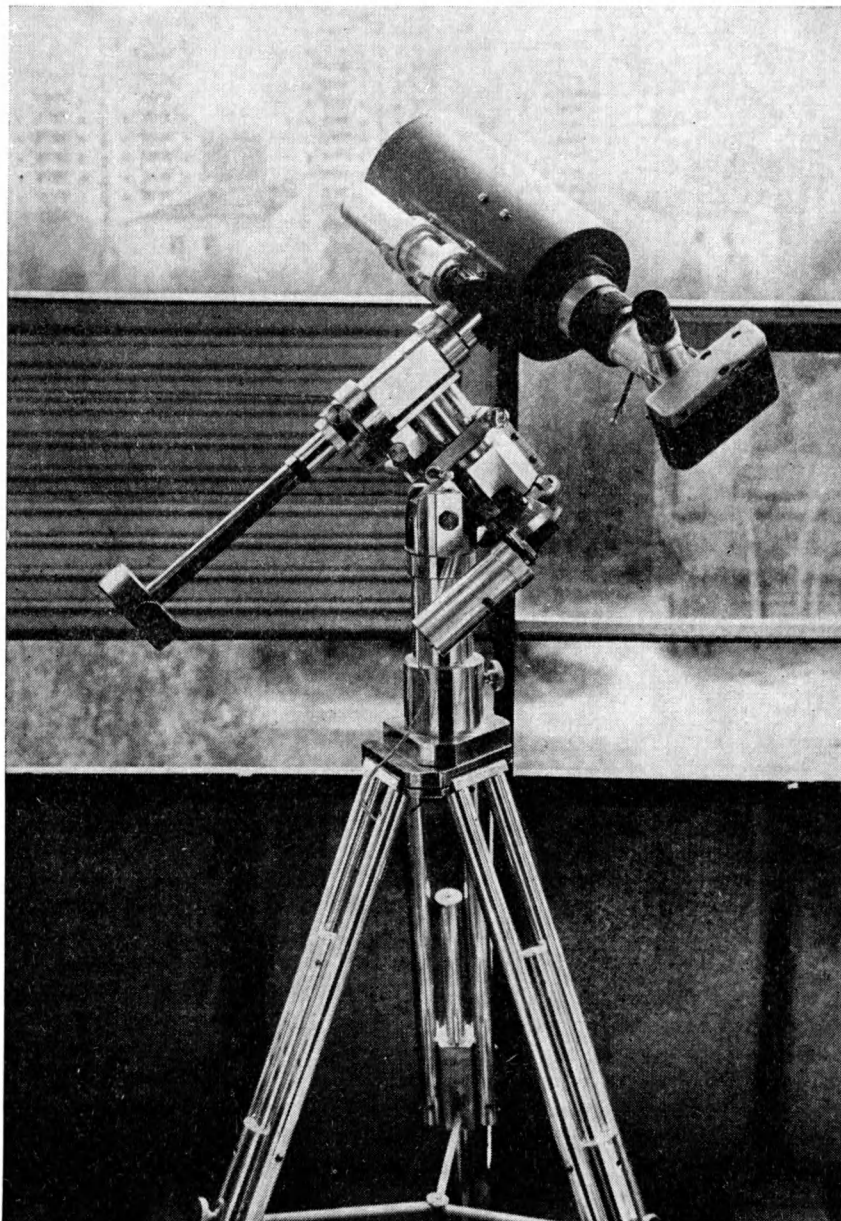
В небольшом переносном телескопе (масса около 17 кг), созданном автором статьи, использована оптика от фотообъектива МТО-1000А. Все детали телескопа (труба, зажимное кольцо, задняя крышка, светозащитная трубка с оправой зеркала и окулярная часть) тщательно выточены на токарном станке (допуск  $\pm 0,02$  мм).

Труба телескопа с параллактической головкой установлена на жесткой металлической треноге, ножки которой сделаны из дюралюминиевых трубок диаметром 22 мм. Конструкция треноги позволяет менять высоту всей установки.

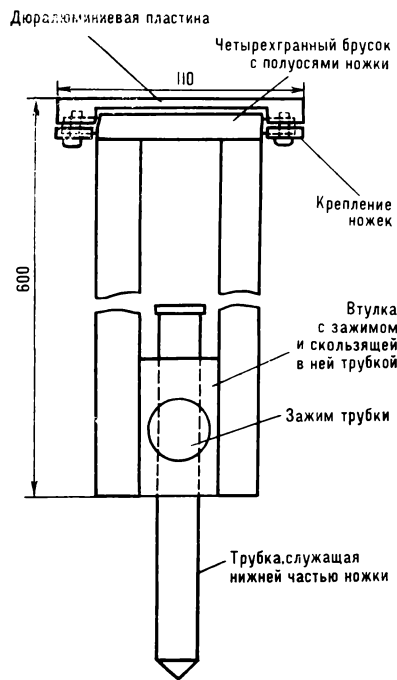
В верхней части треноги находится 20-миллиметровая дюралюминиевая пластина, к которой привинчен фланец. В него вставляется стойка с вилкой. В цапфах вилки резьбовой шпилькой крепится параллактическая головка под углом, соответствующим широте места наблюдений.

Полярная ось телескопа снабжена электроприводом. Автор использовал двигатель постоянного тока (напряжение 6 В), который соединен гибким валом с редуктором от электромотора ДСД-2 (последний применяется в самопишущих приборах), а тот, в свою очередь, — с червяком редуктора полярной оси. Скорость вращения электромотора регулируется небольшим реостатом, благодаря чему можно менять скорость гидирования телескопа.

Для точной наводки телескопа на небесный объект предусмотрены винты (М 8×0,5) микроподачи по склонению и прямому восхождению. Они



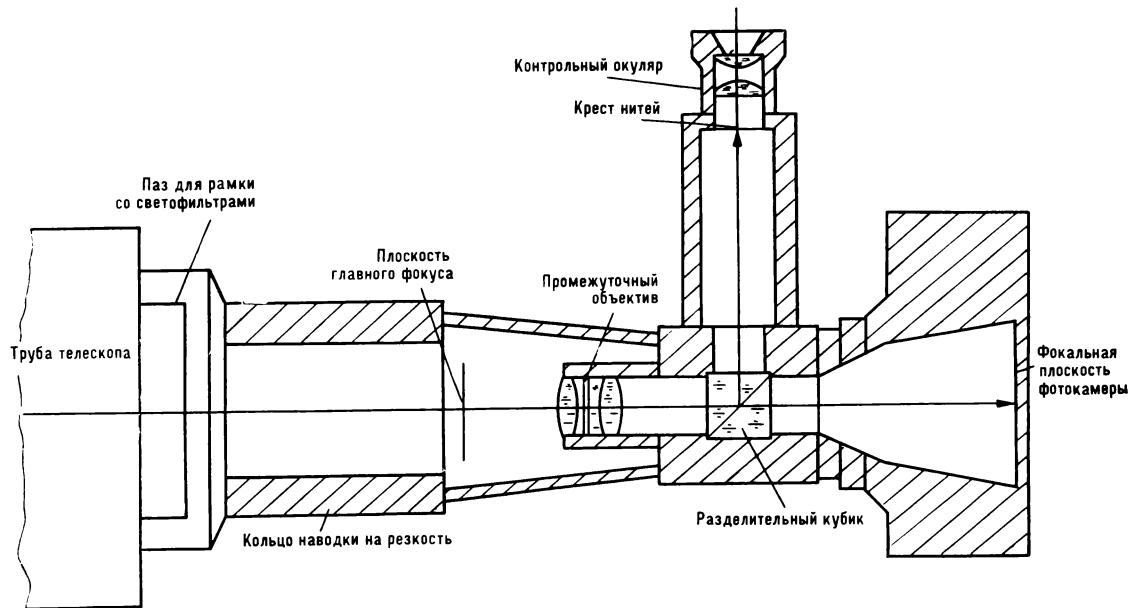
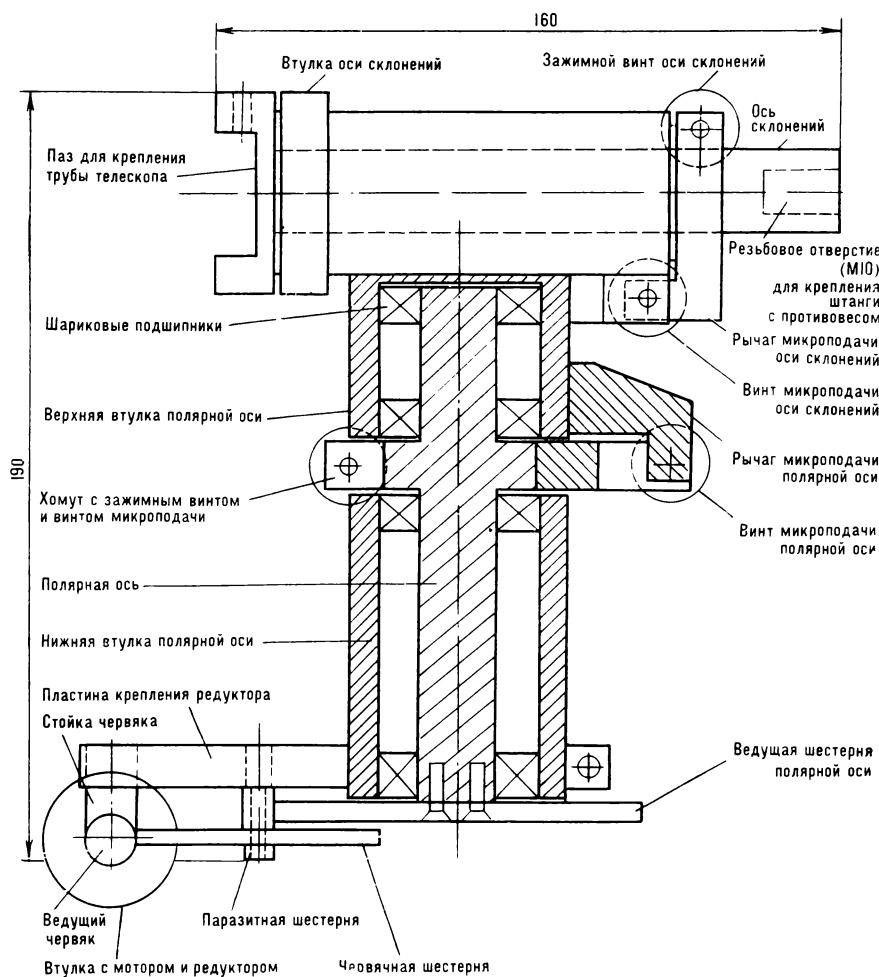
*Портативный телескоп, построенный автором статьи*



Конструкция ножи треноги

Основные узлы паралактической головки

Конструкция камеры для фотографирования с окулярным увеличением (уменьшение в 1,5 раза)



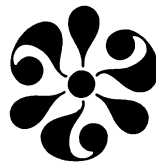


*Снимок Луны, полученный автором статьи на самодельном телескопе*

работают независимо от электропривода, и ими можно корректировать ход телескопа. Во время наблюдений телескоп наводится на разные объекты без отключения электропривода. Это удобно, особенно, при наблюдении переменных звезд.

Принадлежности к телескопу: искатель с 5-кратным увеличением и полем зрения  $4^\circ$ , зенитная призма. В окулярной части трубы телескопа сделана прорезь для светофильтров.

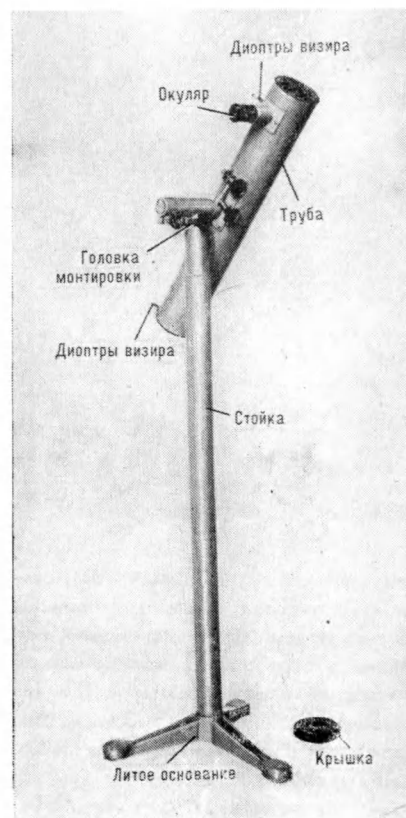
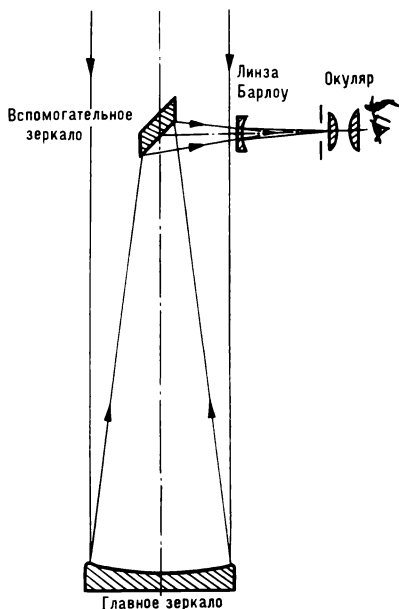
Телескоп приспособлен для фотографирования в прямом фокусе и с окулярным увеличением. Фотографирование в прямом фокусе ведется аппаратом «Зенит» (объектив, разумеется, вывинчен), фотографирование с окулярным увеличением — специальной фотокамерой. Основой для нее служит корпус фотоаппарата «Чайка». В качестве промежуточной оптики использован объектив от кинокамеры с фокусным расстоянием 20 мм. Специальный контрольный окуляр с крестом нитей дает возможность наблюдать объект во время съемки и выбирать для экспозиции моменты, когда изображение спокойно.



ОТВЕТЫ  
НА ВОПРОСЫ  
ЧИТАТЕЛЕЙ

Читатели журнала Д. Г. Коваленко (г. Рубежное Воронежской обл.), Е. М. Зубков (г. Ташкент) и др. интересуются, как устроен телескоп «Алькор», выпускаемый для любителей астрономии, и где его можно приобрести. Редакция попросила Л. Л. СИКОРУКА — одного из создателей телескопа «Алькор» — ответить на эти вопросы.

В 1980 году Новосибирский приборостроительный завод имени В. И. Ленина выпустил первую партию телескопов «Алькор» (4000 штук). Телескоп предназначен главным образом для начинающих любителей астрономии. Это — рефлектор системы Ньютона с 65-миллиметровым сферическим зеркалом, имеющим фокус-

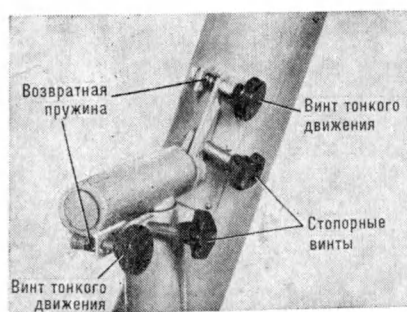


*Общий вид телескопа «Алькор»*

*Оптическая схема телескопа «Алькор»*



Окулярная часть телескопа «Алькор»

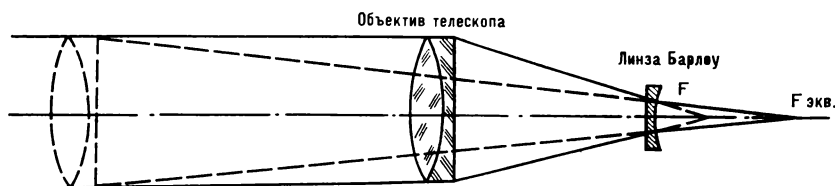


Головка  
альт-азимутальной монтировки  
телескопа «Алькор»

ное расстояние 502 мм. Вспомогательное плоское зеркало установлено под углом  $45^\circ$  к оптической оси главного зеркала, благодаря чему фокальная плоскость выносится за боковую стенку трубы. Здесь изображение рассматривается с помощью окуляра.

Окуляр телескопа системы Рамсдена имеет фокусное расстояние 15 мм и дает увеличение в 33 раза. С таким увеличением лучше всего наблюдать протяженные слабые объекты — туманности, галактики, звездные скопления, Млечный Путь, кометы. При этом увеличении поле зрения «Алькора» составляет  $1^\circ 15'$ .

Для наблюдения Луны, планет, двойных звезд, деталей поверхности Солнца можно получить увеличение в 88 раз. Телескоп снабжен ахроматизированной отрицательной линзой Барлоу, смонтированной в отдельной трубке. Линза Барлоу увеличивает



фокусное расстояние зеркала в 2,7 раза, поэтому телескоп с тем же окуляром Рамсдена дает увеличение в 88 раз. Более того, изменив расстояние между линзой Барлоу и окуляром, можно получить увеличение в 130 раз. Для этого в комплекте телескопа есть трубка-вкладыш, которая удлиняет трубку линзы Барлоу.

Разрешающая способность «Алькора» на практике равна теоретической —  $2,1''$ . Его проникающая сила также соответствует теоретической, поэтому в темную безлунную ночь телескоп показывает звезды до  $11^m$ .

Телескоп установлен на альт-азимутальной монтировке, имеющей стопорные винты и механизм тонких движений. При грубой наводке телескоп поворачивается на  $360^\circ$  по азимуту и на  $90^\circ$  по высоте. Винты механизма тонких движений позволяют плавно поворачивать телескоп в пределах  $8^\circ$  по обеим осям. Стойка монтировки телескопа составная.

Телескоп снабжен прицельными диоптрами, облегчающими его наведение на объект, черным светофильтром для наблюдений Солнца, кистью для чистки оптических поверхностей. К нему приложены инструкции по эксплуатации инструмента и наблюдению различных небесных объектов с его помощью. Телескоп можно переносить в чемодане. Его масса 7,5 кг, цена 135 рублей.

В апреле 1980 года в магазины «Культтовары» города Новосибирска поступили первые экземпляры телескопа. Сейчас он продается за наличный и по безналичному расчету индивидуальным любителям и организациям. 2000 телескопов поступили в магазины других городов РСФСР. К сожалению, новосибирская база Посылторга отказалась продавать те-

*Линза Барлоу, установленная перед окуляром телескопа, уменьшает сходящуюся светового пучка и создает новое эквивалентное фокусное расстояние, которое соответствует более длиннофокусному объективу*

лескопы иногородним, ссылаясь на отсутствие спроса на телескоп.

Сейчас коллектив конструкторов, создавших «Алькор», — Н. К. Безносилова, Н. И. Михайлова, А. В. Сулаев, В. Н. Криничев и автор этой заметки — заканчивает работу над новым телескопом «Мицар». Этот рефлектор системы Ньютона удовлетворит более опытных любителей астрономии. Диаметр его зеркала 110 мм, фокусное расстояние 800 мм. Два симметричных окуляра в сочетании с линзой Барлоу дают увеличения в 50, 75, 135, 200 раз. Телескоп установлен на экваториальной монтировке с механизмом тонких движений по обеим осям. Для поиска очень слабых, невидимых невооруженным глазом объектов телескоп снабжен оптическим искателем. Его ахроматический объектив диаметром 30 мм дает увеличение в 6 раз при поле зрения  $8^\circ$ . Телескоп оборудован и координатными кругами. «Мицар» можно будет использовать для визуальных и фотографических наблюдений.



Кандидат  
геолого-минералогических наук  
САЛТЫКОВСКИЙ А. Я.

## Вулканизм мог создать основу жизни

В 1980 году в издательстве «Мысль» вышла книга доктора геолого-минералогических наук Е. К. Мархинина «Вулканы и жизнь». Автор стремится доказать, что жизнь на Земле возникла в результате длительной (в течение миллиардов лет) эволюции продуктов вулканических извержений и считает выдвигаемые им положения новой отраслью науки, находящейся на грани геологии и биологии. Он называет ее биовулканологией. Естественно, что во взглядах на такую сложную проблему, как происхождение жизни, многое может быть спорным. Поэтому редакцию не удивило появление различных оценок тех идей, которые Е. К. Мархинин пытается обосновать в своей книге. С этими оценками знакомят читателей публикуемые ниже рецензии на монографию «Вулканы и жизнь».

В монографии известного советского вулканолога Е. К. Мархинина «Вулканы и жизнь» рассмотрены сложнейшие вопросы биовулканологии. В первой части книги автор показывает, что вулканизм характерен не только для Земли, современные научные данные говорят о его проявлении на Луне, Марсе, Меркурии и других небесных телах Солнечной системы. Вулканические газы, накапливавшиеся у поверхности планет, по-видимому, играли важную роль в формировании их атмосфер. Так, газоанализаторы, установленные на космических станциях «Венера-4 и -6», позволили впервые определить состав венерианской атмосферы: 93% ее газового компонента приходится на углекислый газ, менее 2% составляет азот, менее 0,1% — кислород, 0,1—1% — водяной пар, 0,01—0,1% аммиак<sup>1</sup>.

Суммируя имеющиеся на сегодня данные о химическом составе атмосфер планет Солнечной системы, автор приходит к выводу, что по набору компонентов атмосферы этих планет близки к вулканическим газам, выносимым на Земле при извержениях, и что, следовательно, вулканическая деятельность создала планетные атмосферы.

В книге описаны активные зоны вулканизма Земли, континентальные и океанические, проведена корреляция вулканизма и сейсмичности, охарактеризованы продукты вулканической деятельности. Автор считает, что кон-



тинентальная и океаническая кора формировались постепенно из вулканического материала и продуктов его эволюции. Количество метеоритов и метеорной пыли, доставляемое на Землю из космоса, настолько незначительно (одна миллионная доля всего объема вулканического материала), что его едва ли следует учитывать в балансе вещества, идущего на формирование земной коры. Доказывается, что атмосфера и гидросфера нашей планеты также возникли за счет газов, выделившихся при вулканических извержениях.

Во второй части книги Е. К. Мархинин развивает высказанную им в 60-х годах гипотезу: возникновение и развитие жизни — это преобразование с течением времени вулканического материала. «Особенно сложную эволю-

<sup>1</sup> Согласно данным, полученным в 1978 году советскими космическими аппаратами «Венера-11 и -12», углекислый газ в атмосфере Венеры составляет 95%, азот — 3,5—4%.



цию,— пишет автор,— претерпели за время геологической истории летучие компоненты вулканических продуктов: через различного рода углеродистые соединения до органических основ жизни и от вулканических паров через морскую воду до крови, циркулирующей в сосудах высокоорганизованных живых существ».

Большой фактический материал по химическому составу газов, выносимых во время извержений (особенно много данных было собрано во время извержения Плоского Толбачика в 1975—1976 годах) позволил автору и его коллегам обнаружить органические соединения в составе пеплово-газового вулканического столба. Е. К. Мархинин полагает, что для синтеза сложных органических соединений из простых газов необходимо наличие как раз тех условий, которые существуют в пеплово-газовых вулканических столбах. Это, по мнению автора, мощные природные химические реакторы, где в огромных количествах образуются сложные биологически важные соединения — «молекулы жизни». После образования этих соединений и началась на Земле молекулярная эволюция от неживой материи к живой. Среди таких соединений — аминокислоты, парафины, высококипящие кислородсодержащие соединения, смеси полициклических ароматических углеводородов. Все они присутствуют в продуктах извержения вулканов Шивелуча, Алаида, Ключевского и др.

Третья заключительная часть книги посвящена проблеме «Вулканы и живые организмы». Вулканы — источники химических элементов, без которых не могут существовать живые ор-

ганизмы. Это, прежде всего, водород, углерод, азот, сера, фосфор. Все эти элементы, в разных сочетаниях входящие в состав белков и нуклеиновых кислот, возникают при вулканических извержениях. Где бы ни зародились первые живые организмы — в морской ли воде, в воде ли горячих озер или термальных источников, в пепловом ли субстрате, богатом органическими соединениями и минеральными солями, их возникновение скорее всего происходило в районах активного вулканизма. Именно отсюда эти микроорганизмы рассеялись по всей Земле. Размеры их, вероятно, в десятки тысяч раз превосходили размеры молекул аминокислот, но вряд ли превышали размеры большинства современных живых клеток.

Затем в результате мутации и селекции появились организмы, в том числе фотосинтезирующие бактерии и водоросли, которые и ныне обитают в горячих источниках. Правда, данных о таких микроорганизмах пока еще очень мало. Особенно большой интерес ученых вызывает «геохимическая работа» микроорганизмов в горячих источниках и на сольфатарных полях. Не исключено, что именно здесь будут открыты новые микроорганизмы.

Е. К. Мархинин рассматривает влияние вулканизма на жизнь животных и растений, на здоровье людей. При извержениях в легкие человека могут попадать частички вулканического пепла — тончайшие стеклянные иголки, вызывающие болезни печени, почек, пищеварительного тракта. Следует, однако, помнить, что термальные и минеральные воды в областях активного и, особенно, недав-

ного вулканизма применяются для лечебных целей. Так, на острове Кунашир, на склонах вулкана Менделеева, используют Нижне-Докторскую группу геотерм, в которых температура достигает 50—60 °С. В воде повышена концентрация магния, свинца, бария, благодаря чему вода способствует излечиванию кожных заболеваний, болезней опорно-двигательного аппарата и нервной системы.

Заканчивая книгу, автор пишет, что вулканизм создал среду для возникновения и развития жизни, а сами вулканы были первопричиной и первым шагом на пути от неживой материи к живой. Характеризуя новый раздел науки — биовулканологию, Е. К. Мархинин объединяет в ней проблемы, стоящие на стыке биологии и вулканологии. Нельзя, однако, не указать на один существенный недостаток книги. Выдвигая новую концепцию возникновения жизни на Земле, автор излагает свою точку зрения чрезмерно категорично. Между тем новые концепции в науке всегда дискуссионны и долг ученых четко отмечать это. В данной книге автор этого не делает. А ведь рассматривается проблема исключительно сложная, и выдвигать ее нужно особенно осторожно, указывая на неясные или спорные ее стороны. Следовало бы, вероятно, подробно и объективно проанализировать и ранее предложенные концепции, остановившись, в частности, на взглядах такого крупнейшего ученого, как В. И. Вернадский.

Книга «Вулканы и жизнь» написана живым и ярким языком; она содержит великолепные цветные иллюстрации, выполненные известным фотомастером В. Е. Гиппенрейтером.



Доктор физико-математических наук  
МУХИН Л. М.

## Новый термин — это еще не новая отрасль науки

Книга Е. К. Мархнина «Вулканы и жизнь» (с подзаголовком «Проблемы вулканологии») великолепно оформлена и бесспорно заинтересует многих. Однако научный уровень книги, по нашему убеждению, вызывает серьезные замечания. Автор вводит новый термин «биовулканология» и утверждает его как новое направление в науке. Попытаемся выяснить, насколько это правильно. Первый раздел книги «Теория вулканического образования биосферы Земли» посвящен оценке роли вулканических процессов в формировании внешних оболочек Земли. Однако хорошо известно, что биосфера — это не только атмосфера, гидросфера и кора. Австрийский ученый Э. Зюсс, предложивший этот термин, и В. И. Вернадский, создавший учение о биосфере, придерживались иной точки зрения нежели теперь высказывает Е. К. Мархинин. Главную роль в формировании биосферы они отводили отнюдь не вулканам, а прошлой или современной деятельности живых организмов, и нет никаких оснований пересматривать эти основополагающие идеи.

Возникает вопрос: зачем понадобилось автору называть внешние оболочки Земли, образовавшиеся задолго до появления первых организмов, биосферой? По-видимому, для того, чтобы оправдать искусственно вводимый термин «биовулканология». Кроме того, если автор книги вступает в принципиальную научную дискуссию с идеями В. И. Вернадского, то необходимо было бы рассмотреть взгляды великого русского ученого. Однако этого автор не делает. Он игнорирует не только учение В. И.

Вернадского. По прочтении первого раздела книги у читателя может сложиться неправильное впечатление о том, что вулканизм — единственный путь образования коры, гидросферы и атмосферы. Но еще О. Ю. Шмидт, а позднее К. П. Флоренский указывали на другие, не имеющие ничего общего с вулканами пути образования геосфер. Упоминание об этих идеях также в книге отсутствует. Весь раздел в целом изобилует устаревшими данными. Особенно это относится к главе, где автор говорит об атмосфере Венеры.

Ко второму разделу книги тоже есть замечания. Е. К. Мархинин забывает, что обоснованием возможной роли вулканов в абиогенном синтезе органических соединений и соответствующими экспериментами и в полевых и в лабораторных условиях занимались до него многие ученые. Однако ссылки на их работы отсутствуют в списке научной литературы, приведенном в книге. Эксперименты же самого автора, описанные во втором разделе книги, вызывают серьезные сомнения, поскольку нет описания контрольных опытов. Для экспериментатора, определяющего микроколичества органических соединений, это эквивалентно недостоверности проведенного опыта. В журнале «Геохимия» (1980, № 5, с. 792) наглядно продемонстрировано, что значительная часть обнаруженных Е. К. Мархниным органических соединений может возникать при взаимодействии реактивов с пеплом, а это заведомо может привести автора к неверным результатам. Поэтому приходится констатировать, что автор книги не смог подкрепить идею о роли пеп-

лово-газовых туч в абиогенном синтезе достаточно корректным экспериментальным материалом. В частности, поэтому и слово «теория» в книге Е. К. Мархнина звучит весьма претенциозно. Автор почему-то называет аминокислоту **сложным** органическим соединением, обнаруживая при этом неосведомленность в вопросе об изотопной геохимии углерода, что, разумеется, приводит к весьма произвольным выводам о ювенильности (первоначальности) найденного органического вещества. В то же время цифры, относящиеся к изотопам углерода, соответствуют биологическим объектам.

В третьем разделе книги содержится интересный материал о жизни животных в областях активного вулканизма. Нам представляется, что этот раздел несомненно самый удачный в монографии.

В заключение хочется еще раз подчеркнуть, что не так часто в любой отрасли человеческих знаний возникают новые теории. Ученым хорошо известно, что ни новую теорию, ни новое научное направление нельзя создать искусственным введением нового термина. Созданное еще В. И. Вернадским научное направление (биогеохимия), а также возникшее около 50 лет назад учение о добиологической эволюции полностью включают все проблемы, затронутые в книге «Вулканы и жизнь», и поэтому не было никакой нужды вводить новый термин «биовулканология».



**«СОВРЕМЕННАЯ СЕЛЕНОГРАФИЯ»**

Издавна селенография занимается изучением строения поверхности естественного спутника нашей планеты. В последние 10—15 лет благодаря развитию космических исследований селенография обогатилась новыми методами и наполнилась новым содержанием. Достижениям и методам этого направления лунных исследований посвящена книга В. В. Шевченко «Современная селенография» (М.: Наука, 1980).

В первой главе книги «Луна в Солнечной системе» приведены данные о Луне как небесном теле. Автор рассказывает о движении Луны на орбите, о лунных размерах, массе, средней плотности, о гравитационном поле, химическом составе и внутреннем строении Луны. Здесь же рассмотрены гипотезы о происхождении нашего естественного спутника.

Вторая глава «Основные особенности строения лунной поверхности» знакомит с фигурой Луны и наиболее типичными образованиями лунной поверхности — кольцевыми и линейными структурами, морями, кратерами и лунным реголитом.

В следующей главе «Лунная картография» кратко изложены основы картографирования Луны, принципы, которыми руководствуются при наименовании деталей лунного рельефа, рассказано о лунных картах различного масштаба и глобулах Луны.

Четвертая глава «Физическая селенография и астрофизические исследования Луны» посвящена комплексному изучению лунной среды —

ее поверхности, экзосферы и литосферы. В арсенале физической селенографии — традиционные астрофизические и новые методы, например фотометрические исследования Луны по космическим снимкам.

В пятой главе «Палеоселенология» воссоздана история эволюции лунной поверхности. Ее формирование в основном завершилось около 3 млрд. лет назад. Возраст самых древних кольцевых структур на Луне 3,85—4,25 млрд. лет. Сейчас эти структуры погребены под пластами расплавов более поздних излияний.

Книга «Современная селенография» рассчитана на астрономов, геологов, геохимиков и географов, интересующихся проблемами планетоведения.

**ЭКСПЕДИЦИЯ НА ШЕСТОЙ КОНТИНЕНТ**

Книга «В южных полярных широтах» (М.: Знание, 1980), написанная известным полярным географом, гляциологом В. И. Бардиным, посвящена антарктической экспедиции, проходившей в 1976—1977 годах. Книга состоит из пяти глав.

Первая глава «В долгом плавании» повествует о морском путешествии в Антарктиду на пассажирском лайнере «Башкирия». Члены экспедиции посетили остров Кергелен, где ведутся советско-французские

геофизические исследования, станцию Новолазаревскую на берегу Земли Королевы Мод.

Из второй главы «На ледяном барьере» читатель узнает об исследованиях, проводившихся в Антарктиде. В программу входило, в частности, изучение микроорганизмов, которые в большом количестве обнаружены даже в образцах, извлеченных из снежной шахты на Южном полюсе.

Хребет Шеклтона — один из наиболее труднодоступных районов шестого континента. Изучению его посвящена третья глава «В горном оазисе». Здесь собран большой фактический материал для построения специальных карт.

В четвертой главе «Конец летнего сезона» автор подводит некоторые итоги научных исследований.

Пятая глава книги называется «Проститься с Антарктидой». В ней автор знакомит читателя с «полярными биографиями» своих коллег, разделивших с ним трудности и удачу антарктических будней.

Книга написана живым образным языком и предназначена для широкого круга читателей. Она содержит около тридцати интересных фотографий.

**О ПЕРВЫХ КОСМОНАВТАХ**

В конце 1980 года в серии «Люди и космос», издаваемой «Молодой гвардией», вышла книга дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР П. Р. Поповича и В. С. Лесникова «Не могло быть иначе!». Это — повесть-хроника о жизненном пути Юрия Гагарина, о становлении советской космической техники и подготовке первых космонавтов, среди которых был и один из авторов книги.

Первая глава «Байконур — Оренбург. Год 1957-й» повествует о том времени, когда Юрий Гагарин еще только завершал свое обучение в Оренбургском училище военных лет-



чиков, о зародившейся мечте — полете в космос.

«Заполярье. Год 1958-й» — так называется вторая глава. Из нее читатели узнают о трудном испытании, выпавшем на долю Юрия Гагарина в первом же самостоятельном полете на Севере, о непростой жизни летчика-истребителя.

Третья глава «Москва — Заполярье. Год 1959-й» воспроизводит события, связанные с отбором в отряд космонавтов.

Предпоследняя глава «Москва — Заполярье — Поволжье — Оренбург — Звездный. Год 1960-й» — это рассказ о подготовке к первому космическому полету, о трудностях тренировок, жизненных невзгодах и удачах, о том, как Юрий Гагарин стал коммунистом.

«Москва — Звездный — Байконур — Космос — Земля. Год 1961-й» — последняя, пятая, глава отражает основные этапы, связанные с первым полетом человека в космос. А день 12 апреля 1961 года распisan буквально по минутам вплоть до успешного приземления Юрия Гагарина.

Заканчивается книга словами Юрия Алексеевича Гагарина. Они звучат, как наказ: «Пусть космические корабли понесут научные экспедиции к далеким планетам. Но пусть не понесут они никогда смертоносный груз».

## ИССЛЕДУЕТСЯ «ГЕОКОСМОС»

Земные недра нелегко поддаются изучению. Самые глубокие шахты ушли от поверхности всего на несколько километров, а скважины одолели только 10-километровую отметку...

Книга известного популяризатора науки В. А. Друянова посвящена трудной работе и сложным исследованиям, которые ведутся в глубине земных недр. Она так и называется «Недра — цех под землей» (М.: Зна-

ние, 1980). Книга состоит из четырех глав.

В первой главе автор рассказывает о способах проникновения в «гео-космос». Главные из них — различные виды бурения и геофизические исследования в скважинах — каротаж. На специальных кабелях опускаются в скважины приборы, которые измеряют давление и температуру, исследуют геофизические поля.

Вторая глава книги посвящена вопросам добычи полезных ископаемых. Читатель узнает о новой экскавационной технике (современный драглайн — это целый завод в несколько цехов с мощной электрической подстанцией, машинным отделением, подземными кранами) и методах разрушения горных пород.

Новому оборудованию для изучения глубоких недр Земли и шахтам будущего посвящена третья глава книги. Созданный сейчас проходческий комбайн «Союз-19» — мощное универсальное сооружение, которое и рубит породу, и грузит ее на конвейер, и ставит крепь для поддержания кровли.

...Еще недавно думали, что «запас прочности» недр бесконечен. Но подземный мир оказался хрупким, и человеку предстоит заботиться о нем. В четвертой главе книги автор уделяет особое внимание вопросам охраны недр.

Книга В. А. Друянова, написанная живым и образным языком, рассчитана на широкий круг читателей.

## «ЛУННЫЙ ГРУНТ ИЗ МОРЯ КРИЗИСОВ»

Так называется книга, которую в 1980 году выпустило издательство «Наука». (Ответственный редактор — член-корреспондент АН СССР В. Л. Барсуков.) В нее вошло более тридцати статей советских и зарубежных авторов, всесторонне изу-

## НОВЫЕ КНИГИ

чивших лунное вещество, доставленное советской автоматической станцией «Луна-24».

Открывают сборник работы, посвященные геологическому строению района посадки «Луны-24». В других статьях рассматриваются способы изучения колонки реголита в лаборатории, особенности колонки и типы слагающих ее пород. Большое внимание авторы уделили различным методам выяснения деталей строения колонки. Здесь представлены петрографо-минералогическая характеристика пород колонки, петрохимические и геохимические черты пород и реголита.

В сборнике рассказывается об определении возраста пород, исследовании радиоактивности реголита, изучении инертных газов.

В ряде статей даны результаты применения специальных прецизионных методов изучения вещества реголита — электронного парамагнитного резонанса, рентгено-электронной и мессбауэровской спектроскопии, рентгеноструктурного анализа.

Прочитав все статьи, читатель узнает, из чего состоит уникальное лунное вещество, получит новые представления об условиях формирования реголита, магматической эволюции лунных пород, роли процессов переработки вещества на поверхности Луны.

Но, как подчеркнул В. Л. Барсуков, «с выходом в свет настоящего сборника не подводится черта под исследованием вещества из Моря Кризисов, доставленного станцией «Луна-24». Оно продолжается, наряду с изучением других лунных об-

разцов, и в наших и в зарубежных лабораториях. Ожидается, что на этом этапе детального исследования будут получены многие новые и интересные результаты».

### «ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КОСМОСЕ»

Авторы этой монографии, выпущенной «Гидрометеоиздатом» в 1979 году, — летчики-космонавты СССР А. Г. Николаев и Е. В. Хрунов и профессор А. И. Лазарев — сделали попытку систематизировать и обобщить результаты оптических исследований и наблюдений с советских пилотируемых космических кораблей.

Книга имеет пять глав.

В первой главе «Оптические исследования с советских пилотируемых кораблей. 1961—1978 гг.» рассказывается о визуальных наблюдениях и фотографировании с космических кораблей «Восток» и «Восход», об оптических исследованиях с космических кораблей «Союз» и орбитальных станций «Салют», а также о наблюдении искусственного солнечного затмения во время совместного советско-американского полета по программе «Союз» — «Аполлон».

Вторая глава «Зрение в космосе» посвящена изучению особенностей восприятия в космосе, методам и результатам исследования функций зрения космонавтов. Здесь рассматриваются вопросы динамики изменения функций зрения в космическом полете, а также даются динамические характеристики деятельности космонавтов во время проведения визуальных наблюдений.

В третьей главе «Возможности наблюдения из космоса» повествуется о визуальных наблюдениях облаков, акватории и суши Земли, звезд и планет.

«Излучение атмосферы Земли при наблюдении из космоса» — так называется четвертая глава.

В пятой главе «Зеркальное отражение от атмосферы при скользящем падении лучей» рассмотрены некоторые вопросы визуальных наблюдений из космоса, фотографирования восхода и захода Солнца, регистрация зеркального отражения Солнца от кометы Когоутека, а также возможность исследования зеркального отражения Солнца от атмосферы Венеры.

В книге много графиков и таблиц, которые наглядно иллюстрируют теоретический материал.

Книга предназначена для широкого круга специалистов в области метеорологии, астрофизики и оптики атмосферы.

# 3 МАЙ ИЮНЬ 1981 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

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

#### Редакционная коллегия:

Главный редактор  
доктор физико-математических наук  
Д. Я. МАРТЫНОВ  
Зам. главного редактора  
член-корреспондент АН СССР  
Ю. Д. БУЛАНЖЕ  
Зам. главного редактора  
кандидат педагогических наук  
Е. П. ЛЕВИТАН  
Член-корреспондент АН СССР  
Г. А. АВСЮК  
Доктор географических наук  
А. А. АКСЕНОВ  
Кандидат физико-математических наук  
В. А. БРОНШТЭН  
Доктор юридических наук  
В. С. ВЕРЕЩЕТИН  
Кандидат технических наук  
Ю. Н. ГЛАЗКОВ  
Доктор технических наук  
А. А. ИЗOTOB  
Доктор физико-математических наук  
И. К. КОВАЛЬ  
Член-корреспондент АН СССР  
В. Г. КОРТ  
Доктор физико-математических наук  
Б. Ю. ЛЕВИН  
Кандидат физико-математических наук  
Г. А. ЛЕЙКИН  
Академик  
А. А. МИХАЙЛОВ  
Доктор физико-математических наук  
Г. С. НАРИМАНОВ  
Доктор физико-математических наук  
И. Д. НОВИКОВ  
Доктор физико-математических наук  
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ  
Доктор физико-математических наук  
Г. Н. ПЕТРОВА  
Доктор географических наук  
М. А. ПЕТРОСЯНЦ  
Доктор геолого-минералогических наук  
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ  
Доктор физико-математических наук  
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ  
Доктор физико-математических наук  
Ю. А. РЯБОВ  
Доктор физико-математических наук  
Г. М. ТОВМАСЯН  
Доктор технических наук  
К. П. ФЕОКТИСТОВ

Адрес редакции: 103717, ГСП, Москва К-62, Подсосенский пер., д. 21, комн. 2

Телефоны: 227-07-45, 227-02-45

Художественный редактор Л. Я. Шимкина

Номер оформили: А. Г. Калашникова, Б. М. Разин, Е. К. Тенчурина

Корректоры: Т. Н. Морозова, В. А. Ермолаева

Адрес издательства: 117864, ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90

Сдано в набор 27/1 1981 г. Подписано к печати 9/IV 1981 г. Т-03099. Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Высокая печать. Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 11,0. Бум. л. 2,5. Тираж 50 000 экз. Цена 50 коп. Заказ 89.

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

## На орбите «Салют-6»

12 марта 1981 года в 22 часа московского времени в Советском Союзе был осуществлен запуск космического корабля «Союз Т-4», пилотируемого экипажем в составе командира корабля Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР полковника **Коваленка Владимира Васильевича** и бортинженера **Савиных Виктора Петровича**.

В. В. Коваленок родился 3 марта 1942 года в деревне Белое Крупского района Минской области. В 1963 году окончил Балашовское высшее военное авиационное училище летчиков, затем служил в военно-транспортной авиации. В. В. Коваленок — член КПСС с 1962 года. В отряд космонавтов **Владимир Васильевич** был зачислен в 1967 году. В 1976 году без отрыва от работы в Центре подготовки космонавтов он окончил Военно-воздушную академию имени Ю. А. Гагарина. В. В. Коваленок совершил два космических полета: в октябре 1977 года на корабле «Союз-25» с В. В. Рюминым, в 1978 году в качестве командира второй основной экспедиции на станции «Салют-6» с А. С. Иванченковым.

В. П. Савиных родился 7 марта 1940 года в деревне Березкины Оричевского района Кировской области. После окончания в 1960 году Пермского техникума железнодорожного транспорта работал на Свердловской железной дороге, потом служил в Советской Армии. В. П. Савиных — член КПСС с 1963 года. В 1969 году Виктор Петрович окончил Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. Работал в конструкторском бюро, занимался разработкой приборов для космических аппаратов, принимал

участие в управлении полетами космических кораблей. В отряд космонавтов В. П. Савиных зачислен в 1978 году. Прошел полный курс подготовки к полетам на корабле «Союз» и орбитальной станции «Салют».

13 марта В. В. Коваленок и В. П. Савиных готовились к стыковке с орбитальным комплексом «Салют-6» — «Прогресс-12». Они проверяли работу бортовых систем. На четвертом витке произведена коррекция траектории движения корабля. В 23 часа 33 минуты московского времени осуществлена стыковка корабля «Союз Т-4» с орбитальным комплексом «Салют-6» — «Прогресс-12». После проверки герметичности стыковочного узла космонавты перешли в помещение станции.

14 марта космонавты переносили на станцию грузы, доставленные кораблем «Прогресс-12». Они подготовили к работе систему «Родник» и начали перекачку воды из грузового корабля в емкости станции. В. В. Коваленок и В. П. Савиных посеяли семена арабидопсиса в установку «Фитон», готовили к работе космическую оранжерею «Малахит».

15 марта экипаж комплекса провел расконсервацию систем энергопитания, терморегулирования, обеспечения газового состава.

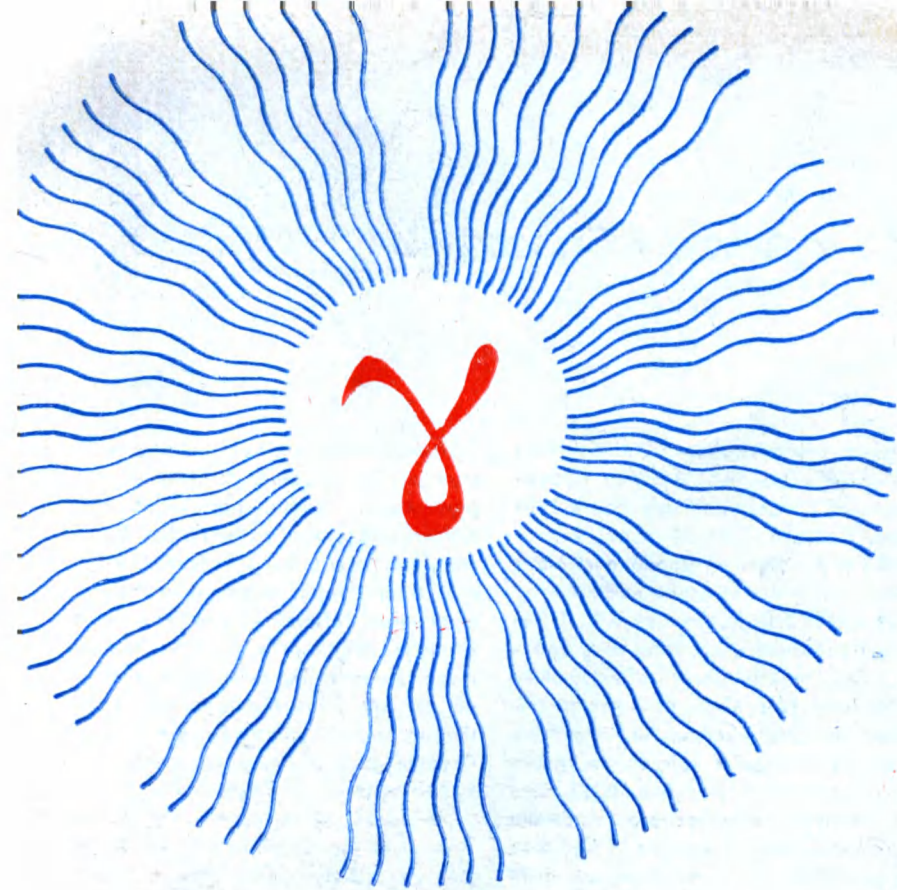
16 марта В. В. Коваленок и В. П. Савиных продолжали расконсервацию бортовых систем, оборудования и аппаратуры станции, проверяли их работоспособность. Был проведен эксперимент «Анкета» с целью изучения симптомов вестибулярных расстройств в условиях невесомости, измерена масса тела космонавтов, проведена оценка состояния мышц, нагрузка на которые в полете значительна. Вечером того же дня осуществлена коррекция траектории движения комплекса

18 марта экипаж комплекса завершил расконсервацию систем и обслуживания станции, полностью разгрузил корабль «Прогресс-12». В тот же день космонавты установили новый блок управления ориентацией солнечных батарей и заменили насос откачки конденсата в системе терморегулирования, выполняли работы по обеспечению нормального функционирования системы управления бортовым комплексом, измеряли параметры в электрических цепях, занимались физическими упражнениями на велоэргометре, контролировали работу аппаратуры с биологическими объектами.

19 марта в 21 час 14 минут московского времени было произведено отделение автоматического грузового корабля «Прогресс-12» от орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4». Процесс расстыковки и отход грузового корабля контролировали специалисты Центра управления полетом и экипаж комплекса. В течение дня В. В. Коваленок и В. П. Савиных отремонтировали физкультурный тренажер и установку «Малахит».

22 марта 1981 года в 17 часов 59 минут московского времени с космодрома Байконур стартовал космический корабль «Союз-39». Корабль пилотировал международный экипаж: командир корабля Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР **В. А. Джанибеков** и космонавт-исследователь гражданин Монгольской Народной Республики **Жугдэрдэмидийн Гуррагча**.

По материалам сообщений ТАСС  
(Продолжение следует)



ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

ЦЕНА 50 КОП

ИНДЕКС 70336



Земля и Вселенная. 1981. № 3