



**6 1974** **ЗЕМЛЯ**  
**И**  
**ВСЕЛЕННАЯ**

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·  
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·

# Программа работ на орбитальной научной станции «Салют-3» успешно выполнена

{Сообщение ТАСС}

23 сентября 1974 года запланированная программа работ на борту научной станции «Салют-3» полностью выполнена.

Как уже сообщалось, целью полета станции, выведенной на околоземную орбиту 25 июня, являлась дальнейшая обработка усовершенствованной конструкции станции, а также бортовых систем, аппаратуры и проведение научно-технических исследований и экспериментов в пилотируемом и автоматическом режимах полета.

5 июля с помощью космического корабля «Союз-14» на борт станции был доставлен экипаж в составе командира корабля летчика-космонавта СССР полковника Поповича Павла Романовича и бортинженера подполковника-инженера Артюхина Юрия Петровича.

Экипаж полностью выполнил намеченную 15-суточную программу работ на борту станции и 19 июля возвратился на Землю.

С 19 июля полет станции проходил в автоматическом режиме по заданной программе.

26 августа 1974 года был осуществлен запуск космического корабля «Салют-15», пилотируемого экипажем в составе командира корабля подполковника Сарафанова Геннадия Васильевича и бортинженера полковника-инженера Демина Льва Степановича. В совместном полете корабля «Союз-15» и станции «Салют-3» проводились научно-технические эксперименты, в ходе которых отрабатывалась автоматическая система сближения космических аппаратов в различных режимах полета.

28 августа спускаемый аппарат космического корабля «Союз-15» совер-

шил мягкую посадку в заданном районе территории Советского Союза в ночное время. Поисково-спасательный комплекс обеспечил быстрое обнаружение спускаемого аппарата и эвакуацию космонавтов в сложных метеорологических условиях.

В ходе 90-суточного ориентированного полета станции «Салют-3» в пилотируемом и автоматическом режимах отрабатывались высокоточная система управления, электромеханическая система стабилизации, автономная система навигации, системы энергопитания с поворотными панелями солнечных батарей, терморегулирования, обеспечения жизнедеятельности, радиосвязи, системы двигательных установок.

Управление аппаратурой и системой автономной навигации станции осуществлялось с помощью бортовой вычислительной машины, команд с Земли и экипажем. Для наиболее эффективного решения задач, предусмотренных программой полета, использовались различные методы ориентации станции в пространстве.

Полет станции «Салют-3» отслеживался и корректировался соответствующим аналоговым комплексом, находящимся на Земле.

При полете станции выполнен большой комплекс научно-технических, медико-биологических и народнохозяйственных исследований и экспериментов.

Проведено фотографирование участков территории Советского Союза, в том числе районов Средней Азии, Памира, Кавказа, а также Каспийского моря с целью использования полученных результатов в сельском и лесном хозяйствах, геологии, геодезии, картографии.

Космонавты Павел Попович и Юрий Артюхин выполнили наблюдения и съемку облачного покрова планеты, образования тайфунов и циклонов, в том числе над акваторией Атлантического океана, где в период полета станции проводились комплексные эксперименты по международной программе «Тропэкс-74». С помощью научной аппаратуры исследовались поляризация солнечного света и физические свойства атмосферы в различных областях спектра. Получено большое количество спектрограмм сумеречного ореола, дневного горизонта Земли и различных типов природных образований на ее поверхности.

Проведены исследования в условиях невесомости по определению влияния различного рода колебаний на приборы, содержащие маятниковые устройства.

Основное назначение проведенных на борту станции медико-биологических экспериментов — получение новых данных о направленности и характере влияния длительной невесомости на организм человека, оценка эффективности средств и методов физической тренировки в течение полета, а также бытовых и санитарно-гигиенических условий обитания.

В течение полета в отсеках станции обеспечивались условия, необходимые для функционирования экипажа. Этому в значительной степени способствовали объем станции, рациональное оборудование ее отсеков, а также комплекс специальных средств физической тренировки. Усовершенствованная конструкция станции обеспечила наиболее рациональное размещение мест для работы и отдыха космонавтов.

(Продолжение на стр. 17)

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

# 6 НОЯБРЬ ДЕКАБРЬ 1974 И ЗЕМЛЯ ВСЕЛЕННАЯ

## В номере:

А. В. Засов — Спиральные ветви: здесь рождаются звезды . . . . .	2
Н. Н. Козлов, Р. А. Сюняев, Т. М. Энеев — Приливное взаимодейст- вие галактик . . . . .	11
А. Г. Дорошкевич — Возникновение галактик в расширяющейся Вселенной . . . . .	18
Б. А. Воронцов-Вельяминов — Красное смещение в спектрах галактик и квазаров . . . . .	23
Б. В. Комберг — Есть ли звезды в компактных радиогалактиках и квазарах! . . . . .	27
<hr/>	
К. П. Васильев — Спутниковые микроволновые наблюдения . . . . .	30
Ю. И. Логачев — Космические лучи . . . . .	32
Х. П. Погосян — Метеорологический режим городов . . . . .	37
Ю. С. Геншафт, Ю. М. Шейнманн — Алмаз — «окно» в глубины Земли . . . . .	42
<b>ЛЮДИ НАУКИ</b>	
П. Г. Куликовский — Витольд Карлович Цераский . . . . .	48
В. И. Цветков — В. К. Цераский в Коктебеле . . . . .	52
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ</b>	
В. А. Бронштэн — Новые лауреаты поощрительных премий ВАГО . . . . .	54
В. С. Лазаревский — Астрономические явления в 1975 году . . . . .	58
<b>В ОТДЕЛЕНИЯХ ВАГО</b>	
Д. Н. Фиалков, В. В. Рычков — Пропаганда геодезических знаний . . . . .	60
<b>НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ</b>	
А. Я. Вирин — Народная обсерватория в Смоленске . . . . .	62
<b>ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ</b>	
Г. А. Желнин — Тартуский музей астрономии . . . . .	64
<b>КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ</b>	
Книги 1975 года . . . . .	71
ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ . . . . .	75, 80
Указатель статей, опубликованных в «Земле и Вселенной» в 1974 году . . . . .	77
<b>НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b>	
Программа работ на орбитальной научной станции «Салют-3» успешно вы- полнена [17]; Присуждение золотой медали имени А. С. Попова [26]; Присуж- дение премии имени А. С. Попова [29]; Остаток Сверхновой излучает коро- нальные линии [53]; Существуют ли циклоны в Галактике! [67]; Гравитацион- ные волны снова не обнаружены [67]; Юбилей Ташкентской обсерватории [68]; Быстрые колебания блеска Новой 1934 года [70]; Двадцать пятый выпуск календаря для школьников [73]; Методические пособия для преподавателей астрономии [74].	



## Спиральные ветви: здесь рождаются звезды

### ПОЧЕМУ СПИРАЛИ ЯРКИЕ?

В первой половине прошлого века лорд Росс построил для себя телескоп, который и в наше время мог бы считаться весьма крупным инструментом: диаметр его зеркала составлял 180 см! Телескоп позволил увидеть неизвестные ранее звезды и туманные пятна, разбросанные по всему небу. Большинство туманных пятен много лет спустя оказались гигантскими «звездными островами» — галактиками, в которых заключена практически вся масса звезд во Вселенной. Наблюдения в уникальный телескоп одного из таких пятен в созвездии Гончих Псов привели к неожиданному открытию: пятно имело сложную структуру! В телескоп было видно, что его слабое свечение концентрируется в две бледные полоски, как бы исходящие из центрального сгущения и закручивающиеся в одну сторону по спирали.

Прошли годы, и в астрономических обсерваториях научились получать фотографии галактик. То, что раньше при визуальных наблюдениях выглядело бледным пятном, на хороших фотографиях предстало как четкое яркое образование со сложным строением. Спиральные ветви оказались структурной особенностью большинства наблюдаемых галактик. Было установлено, что свечение спиралей обусловлено входящими в них звездами, но что заставило звезды собраться в длинные спиралевидные рукава?

В 30-х годах нашего столетия существовало уже не менее пяти гипотез, пытавшихся объяснить природу спиральных ветвей. И хотя сейчас мы

**Происхождение спиральных ветвей галактик тесно связано с такими ключевыми проблемами современной астрономии, как рождение звезд или взаимодействие галактик. Чем глубже мы вникаем в эти вопросы, тем лучше будем понимать, как устроен тот мир, частью которого все мы являемся.**

знаем о галактиках неизмеримо больше, чем 30 или 40 лет назад, причина появления спиральной структуры остается дискуссионной.

Если взглянуть на фотографии спиральных галактик, то может показаться, будто вся галактика, кроме небольшой части в центре, состоит из спиралей. Но такое впечатление ошибочно. Проведя специальные измерения, можно убедиться, что даже в галактиках с хорошо развитой спиральной структурой ветви по своей светимости (а в особенности по массе) составляют небольшую часть от светимости (или массы) всей галактики. Выделяются же они на общем звездном фоне потому, что в спиралах собраны самые яркие объекты галактик: горячие звезды спектральных классов O—B (температура на поверхности 20—30 тыс. градусов), скопления молодых звезд, звездные ассоциации и массивные газовые облака, ярко флуоресцирующие под действием ультрафиолетового излучения горячих звезд. Звезды с большой светимостью и высокой температурой живут гораздо меньше, чем «обычные» звезды типа нашего Солнца. Поэтому горячие звезды могут наблю-

даться только недалеко от мест своего рождения. Их концентрация в спиральных ветвях говорит о том, что ветви в галактиках — это вытянувшиеся длинной цепочкой или полосой области, где происходит величественный процесс зарождения звезд. Звезды с возрастом в десятки миллионов лет и старше в спиральных ветвях не концентрируются или концентрируются очень слабо. Свет гигантского числа этих звезд служит как бы фоном, на котором и выделяются более яркие ветви галактик.

Итак, образование спиральных ветвей и образование звезд — это тесно связанные проблемы. Правда, известны галактики, где мы видим рождение звезд, а спиральных ветвей у них нет. В таких галактиках, как правило, много межзвездного газа. Похоже, что спиральные ветви просто облегчают и ускоряют образование звезд, делая этот процесс эффективным, даже когда остается мало необходимого «сырья».

Наша Галактика, к которой относятся и Солнце, и все звезды, видимые на небе невооруженным глазом, и те далекие, свет которых сливается в сплошную полосу Млечного Пути, — это гигантская спиральная галактика. В ней также происходит образование молодых звезд. Происходит медленно, совсем не так интенсивно, как в первые сотни миллионов лет ее существования. В звездной системе, состоящей более чем из 100 млрд. объектов, каждый год в среднем возникает лишь несколько звезд. И почти наверняка все они рождаются в длинных спиралевидных уплотнениях газа, наблюдаемых радиоастрономическими методами.



Чтобы действительно понять природу спиральных ветвей, надо хотя бы в общих чертах знать, как возникают звезды. По мнению большинства исследователей, звезды — это сконденсировавшийся межзвездный газ. Наряду с гипотезой конденсации звезд из газа существует противоположная концепция, утверждающая, что звезды образуются путем фрагментации

сверхплотных тел. («Земля и Вселенная», № 4, 1971 г., стр. 54—63.— Ред.)

Теория гравитационной конденсации газа применительно к реальным условиям в межзвездной среде начала разрабатываться сравнительно недавно. Различные этапы образования звезд рассматривались в ней отдельно. Теория очень сложна: она должна учесть такие трудные для численных расчетов процессы, как изменение температуры, скорости вращения, плотности сжимающегося облака газа, взаимодействие газа с магнитным полем, с твердыми пылинками, поглощающими свет, с окружающей средой. И хотя имеющиеся представления о конденсации газа в звезды еще не полны и в будущем, быть может, несколько изменятся, трудно

сомневаться в правильности общих идей, положенных в их основу.

#### АРГУМЕНТЫ ТЕОРИИ ЗВЕЗДНОЙ КОНДЕНСАЦИИ

Какие факты подтверждают правильность представлений о возникновении звезд из разреженной среды?

1. Абсолютное большинство молодых звезд нашей или других галактик располагается вблизи их экваториальных плоскостей, где потенциальная энергия тел минимальна. Там же концентрируется и газ, ибо он способен терять энергию своего движения (она тратится на излучение). Звезды не могут достаточно быстро изменить энергию движения и поэтому практически не меняют своих орбит. Их ни-

*Галактика с хорошо выраженной спиральной структурой. Звезд на фотографии не видно. Отдельные светлые пятна ветвей — это массы межзвездного газа, нагретые недавно родившимися звездами*



что не заставит «собраться» вблизи одной плоскости, а тем более в спиральных ветвях, если они там не образовались.

2. Звезды вращаются вокруг оси, причем некоторые довольно быстро (100—200 км/сек). Это означает, что вещество, в котором они зародились, должно иметь большой момент вращения. Такого момента не может быть у тел маленьких размеров. Ведь если бы звезды образовывались не путем сжатия, а при расширении, то маленькие плотные протозвезды должны были бы иметь сверхсветовую скорость вращения. Существующая газовая среда обладает моментом вращения, которого хватает с избытком для того, чтобы объяснить быстрое вращение звезд, даже если учесть неизбежное торможение газового сгустка при сжатии, вызванное его взаимодействием с окружающей средой.

3. Химический состав большинства звезд и межзвездной среды практически одинаков. Но самые старые звезды, принадлежащие к сферической составляющей Галактики, содержат в десятки раз меньше тяжелых элементов (например, металлов) по сравнению с водородом или гелием, чем звезды, недавно сформировавшиеся. Значит, миллиарды лет назад в веществе, породившем звезды, элементов с большим атомным весом было мало. Чтобы они образовались при ядерных реакциях, нужны высокие температуры и плотности, какие встречаются в недрах массивных звезд и при взрывах Сверхновых. С выброшенной при взрыве материей химические элементы неизбежно попадают в межзвездный газ.

Конденсация из этого газа новых поколений звезд естественно объясняет, почему изменяется химический состав молодых звезд.

4. В областях, богатых межзвездным газом и пылью, часто наблюдаются плотные холодные сгустки газа, размером иногда много меньше парсека и с плотностью в тысячи и десятки тысяч раз большей, чем плотность межзвездной среды «в среднем». Во многих этих туманностях тепловая энергия вещества меньше гравитационной. Следовательно, туманности не могут находиться в равновесном состоянии или в состоянии расширения, они должны сжиматься. Интересно, что плотные газовые сгустки обычно наблюдаются там, где много недавно образовавшихся, совсем молодых звезд.

Маленькие плотные сгустки газа наблюдаются и в радиодиапазоне. Газ в них очень холодный, и большая часть атомов объединена в молекулы. Некоторые из этих объектов связаны с источниками инфракрасного излучения, которые, предположительно, являются молодыми звездами, окруженными непрозрачной оболочкой из газа и пыли. Изучение таких объектов поможет нам лучше понять, как происходит конденсация газа.

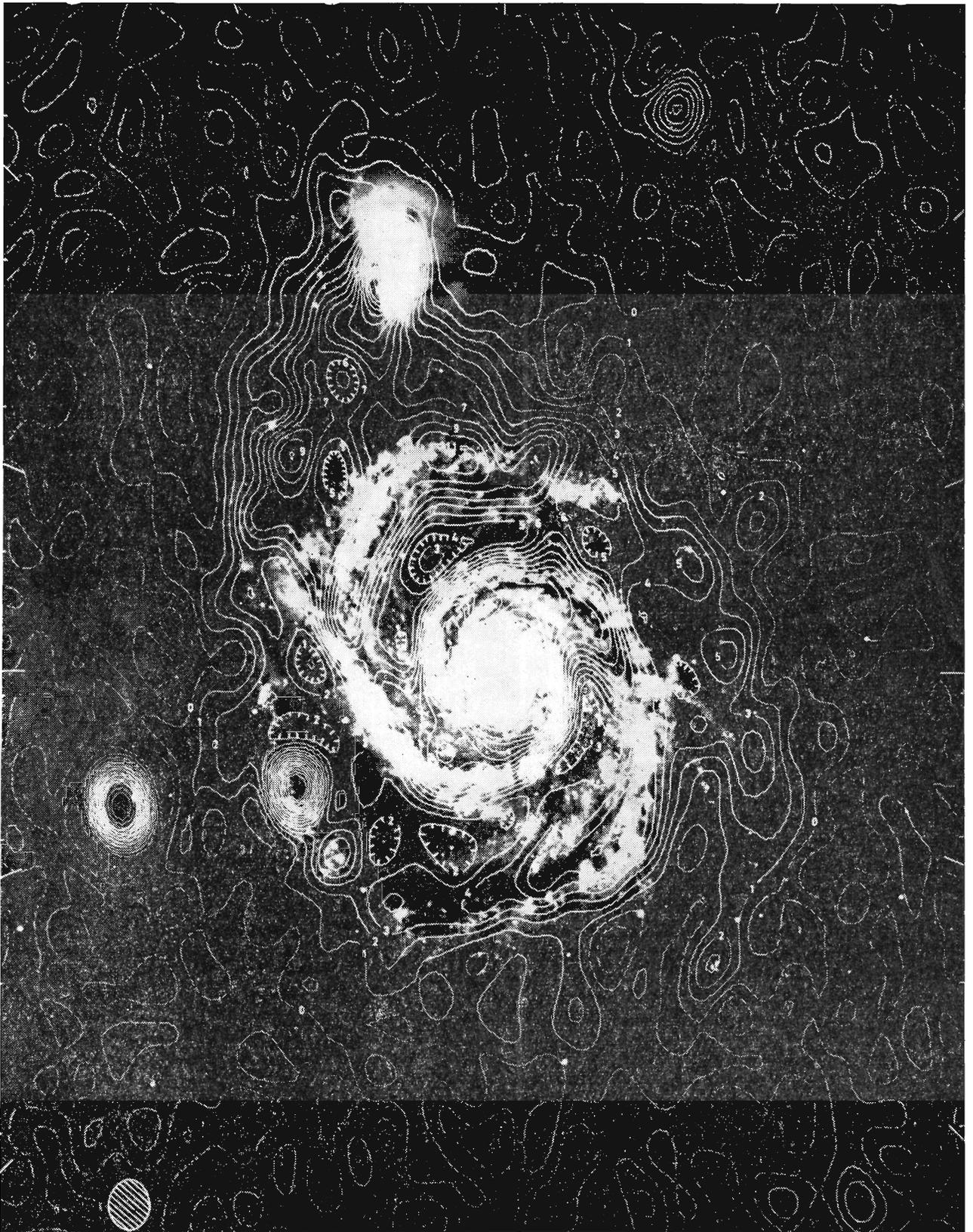
5. Образование звезд наиболее интенсивно в тех галактиках, в которых газ составляет заметную долю массы. Если бы не звезды рождались из газа, а происходило бы совместное образование газа и звезд, то больше всего газа можно было бы ожидать не там, где рождается много звезд, а там, где их уже много образовалось.

Конечно, ни один из перечисленных

аргументов (а их список можно расширить) сам по себе не является бесспорным доказательством того, что звезды возникают из разреженной среды. Но совокупность доводов делает эту точку зрения хорошо обоснованной. Все наши знания о межзвездной среде убеждают в том, что при определенных условиях, которые должны встречаться, неизбежны гравитационное сжатие, уплотнение газа. Идея образования звезд из газа перестала быть умозрительной гипотезой. Это — теория, допускающая количественную проверку и дающая качественное объяснение многим наблюдаемым фактам.

Интересно, что у звездообразования имеется свой механизм «выключения»: с появлением объектов большой массы и светимости темпы рождения звезд резко падают. Дело в том, что звезды в сотни раз поднимают температуру и давление газа, в котором они образовались. С рождением звезд в действие вступает новый источник энергии — ядерный, и часть этой энергии поглощается средой. Газ начинает расширяться и покидает молодую звездную систему.

Фотография галактики М 51 в созвездии Гонимых Псов, на которой показано распределение радиоизлучения. Карта радиоизлучения получена на радиотелескопе в Вестерборке. Хорошо видно, что «радиояркость» концентрируется (радиоизлучение «сгущается») к «оптическим» спиральным ветвям. Это указывает на происходящее в ветвях сжатие газа и магнитного поля





Одна нормальная звезда класса О за несколько десятков миллионов лет жизни выделяет энергию, которая может во много раз превосходить энергию взрыва Сверхновой. Разумеется, не вся она передается окружающему газу. Расчеты показывают, что в кинетическую энергию газа переходит несколько десятых долей процента от энергии излучения звезды. Но и эта величина сопоставима с полной гравитационной энергией не очень плотных звездных скоплений. Горячая звезда большой светимости может «выместить» из звездной системы столько газа, что, лишившись сдерживающей силы его притяжения, звезды немного разойдутся, плотность скопления уменьшится. Если же плотность скопления невелика (ассоциация), выброс газа может повлечь за собой разлет и полное разрушение звездной системы.

Эти выводы хорошо согласуются с наблюдениями. Действительно, скопления молодых звезд устойчивы и могут существовать миллиарды лет после своего образования. Что касается ассоциаций, то давно появились основания считать, что некоторые из них мы наблюдаем на стадии расширения. Скорости расширения, как и следует ожидать, не сильно отличаются от «обычных» скоростей движения звезд внутри скоплений, и в каждом конкретном случае трудно сказать, будет ли ассоциация полностью разрушена. Но и распад ее не противоречит выводам теории гравитационной конденсации звезд.

#### СПИРАЛЬНЫЕ ВЕТВИ — ЧТО ЖЕ ЭТО ТАКОЕ?

На фотографиях видно, что во многих спиральных галактиках, хотя и не во всех, ветви начинаются почти от самого центра галактики. Кажется, будто вещество спиралей выбрасывается или «вытекает» из центральных ядер. Но благодаря спектральному анализу удалось выяснить, что и облака газа, и звезды, образующиеся в ветвях, движутся по круговым орбитам (все в одном направлении), а не радиально, как было бы при выбросе вещества из центра. Значит, звезды формируются в спиральных ветвях из газа, который уже давно существует в галактике. Можно предположить, что спирали — это трубки газа с очагами звездообразования в них. Но галактики вращаются, причем период вращения меняется (возрастает) с расстоянием от центра. Подобное вращение называется дифференциальным. Оно способно быстро «закрутить» и разрушить газовые трубки, и спирали исчезнут.

Одно время думали, что межзвездное магнитное поле может спасти трубки газа от разрушения. Но для этого необходимо, чтобы плотность энергии магнитного поля была в несколько сот раз больше, чем на самом деле. Был предложен иной выход. Представим, что в нескольких местах в плоскости галактики вращающийся газ уплотнился и возникли очаги звездообразования. Тогда дифференциальное вращение галактики очень быстро (если можно назвать быстрым процесс, идущий десятки миллионов лет) «размажет» каждую такую область в сегмент — обрывок

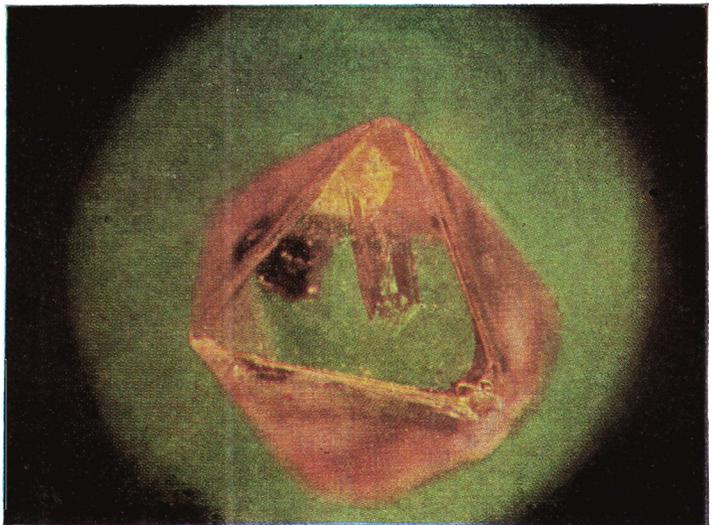
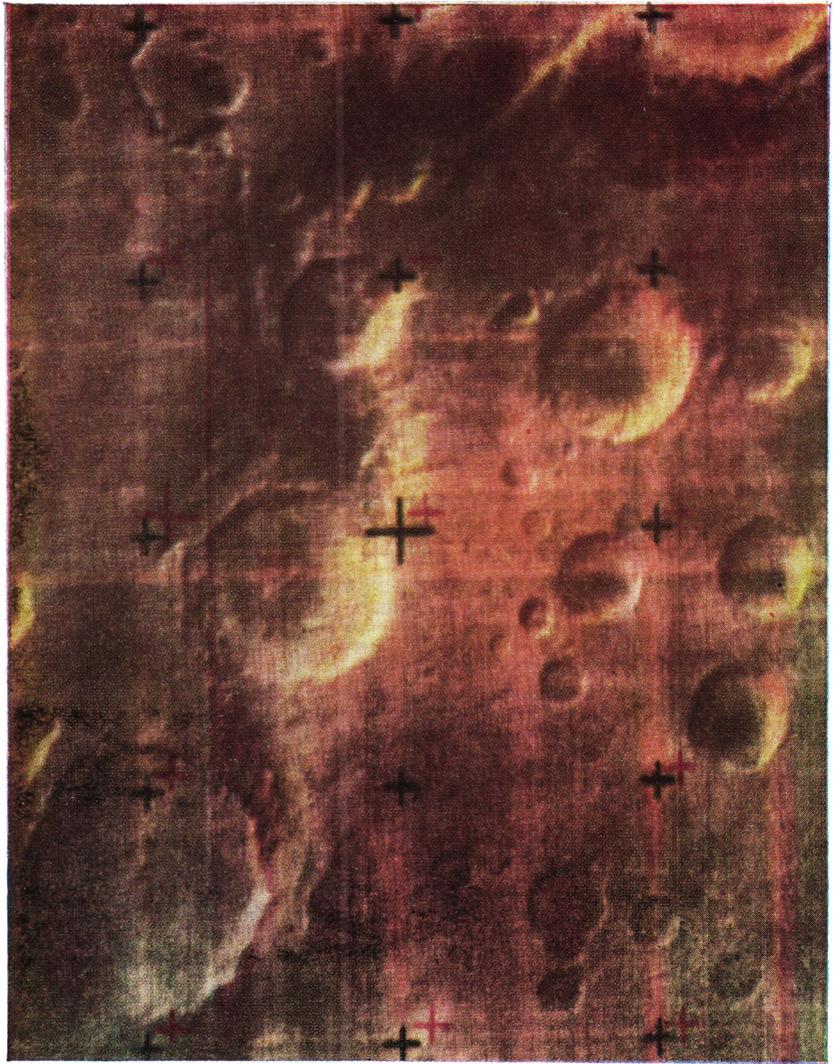
спиральной ветви. Сегменты, с которыми связаны молодые звезды, будут наблюдаться как многочисленные спиральные ветви. И действительно, «обрывки» спиральных ветвей в галактиках обнаружены. Наверное, они есть в каждой звездной системе, где места возникновения звезд распределены неравномерно. Но это не решение проблемы, поскольку во многих галактиках спиральные ветви заведомо не сегменты. Их удастся проследить на протяжении одного и даже более оборотов вокруг ядра. Только процесс, охватывающий значительную часть всей галактики, способен привести к образованию спиральных ветвей. Таким процессом, по мнению большинства специалистов, является распространение волн плотности в газо-звездном диске галактики. («Земля и Вселенная», № 1, 1971 г., стр. 25—29.— Ред.)

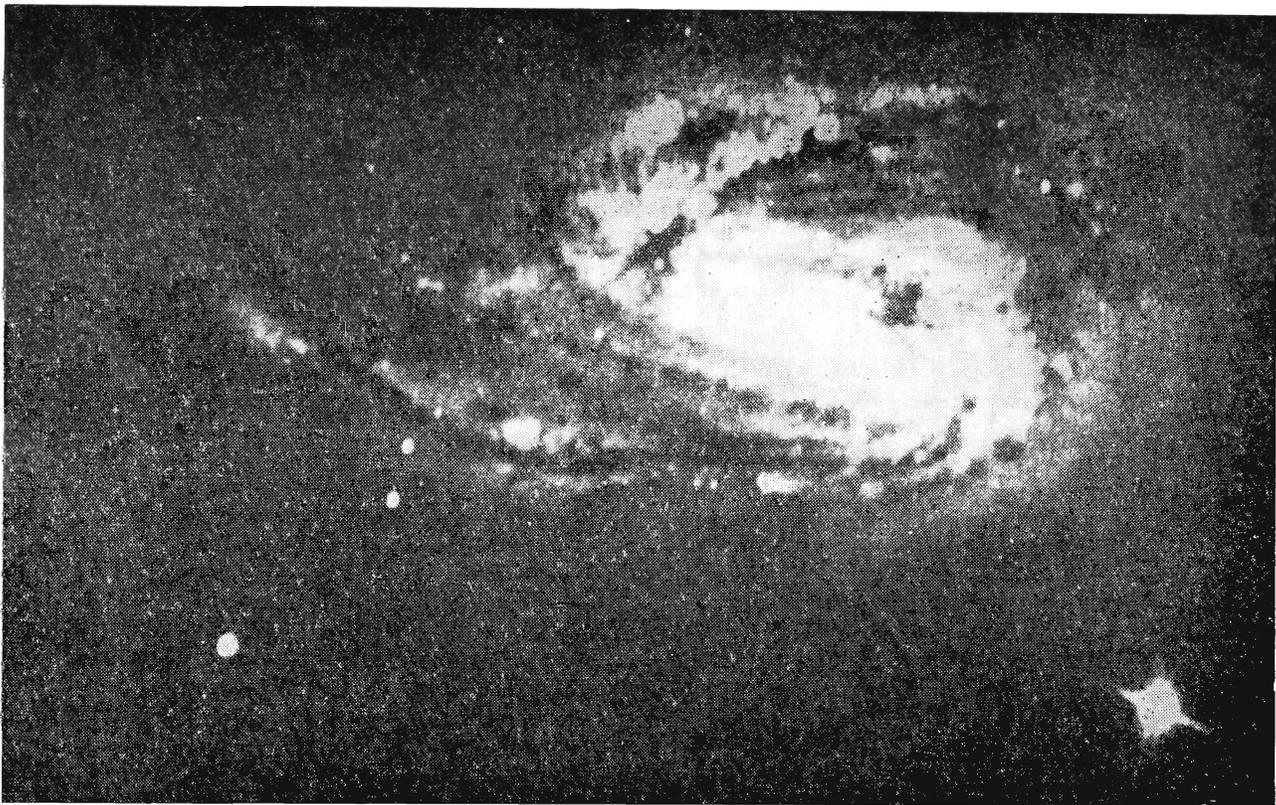
Отдельные звезды можно представить как частицы «звездного газа», вроде атомов или молекул обычного газа. Отличие будет лишь в том, что частицы «звездного газа» не сталкиваются между собой. Если обычный газ всегда обладает упругостью, то «звездный газ» — только при вращении, и тогда в нем возможно распространение волн плотности. Дифференциальное вращение не мешает их движению, но приводит к тому, что

■  
*Галактика, спиральные ветви которой — короткие сегменты. Определить их число невозможно. На смену одним, затухающим, рождаются другие*



«Земля и Вселенная», № 6, 1974 г.





Спиральная галактика с темными полосами межзвездной пыли, идущими вдоль ветвей. Считается, что образование полос вызвано сжатием газо-пылевой среды при ее движении через спиральную ветвь

Марс. Центральная часть Эритрейского моря. Цепочка из трех крупных кратеров, вытянутая на 530 км, соединена широкой долиной. Снимок составлен из трех, переданных космическим аппаратом «Марс-5» изображений планеты, которые были получены через красный, синий и зеленый фильтры

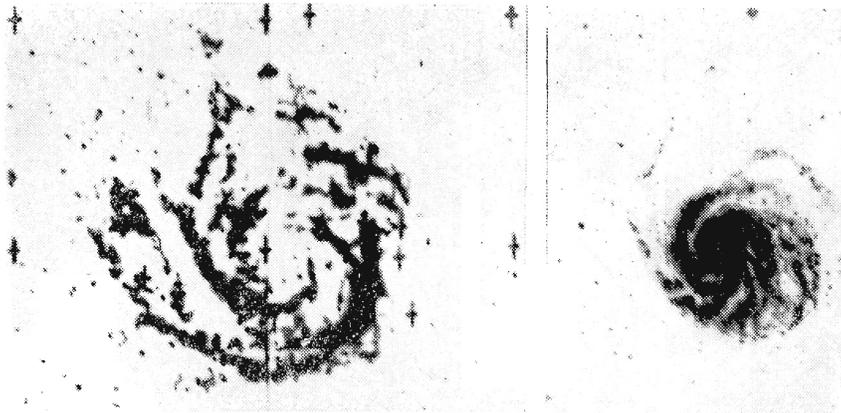
Природный кристалл алмаза из якутского месторождения. Кристалл бесцветный, имеет форму плоскогранного октаэдра. В нем хорошо видны включения других минералов, образовавшихся не позднее самого алмаза. Вес кристалла — около одного карата, размер по ребру грани — 5 мм. Красноватый цвет обусловлен подсветкой при фотографировании. (К статье Ю. С. Геншафта и Ю. М. Шейнманна.)

фронт волн искривляется по спирали. Интересно, что теория предсказывает возникновение двух фронтов, двух спиралей.

Но и волны плотности должны медленно затухать. Поэтому перед учеными встала другая проблема: каков источник, или, лучше сказать, механизм возбуждения волн плотности? Таких механизмов может быть, несколько, однако выделить из них главный пока трудно. Возбудить волны может и взаимодействие двух звездных подсистем галактик, если одна вращается быстро, а другая — медленно (звездный диск и сферическая составляющая галактики), и гравитационная неустойчивость среды на периферии галактик, и несимметричное распределение масс, часто наблюдаемое вблизи центра галактик, и, возможно, выбросы из ядра.

Согласно волновой теории образования спиральных ветвей, дифференциальное вращение галактики не разрушает спиральную структуру. В отличие от звездного диска, спиральный

узор вращается с постоянным периодом, как рисунок на твердой поверхности. И звезды, и газ движутся относительно спиральных ветвей и периодически проходят через фронт волны. На звездах такое прохождение сказывается мало: их плотность в спиральной ветви становится лишь чуть-чуть выше. Иное дело газ. Его можно рассматривать как сплошную среду, плотность которой при прохождении через «гребень» волны резко возрастает. Здесь и кроется ответ на вопрос о том, почему спиральные ветви — место рождения звезд. Сжатие газа вызывает его быструю конденсацию в облака. Они в магнитном поле галактики образуют неустойчивую систему и скапливаются, сливаются в массивные газовые комплексы. В конечном счете это приводит к рождению звезд. Спиральная волна как бы синхронизирует образование звезд в диске галактики. Через несколько десятков миллионов лет звезды «уходят» из спиральной ветви, а газ, расширяясь, вновь возвращается к мень-



шей плотности. Через фронт волны проходят новые массы газа, звезды возникают в другом месте.

Если галактика вращается быстро, волна сжатия порождает ударную волну в газовой среде. Наблюдать ее, к сожалению, очень трудно. Но вместе с газом должна сжиматься и межзвездная пыль, которая в небольшом количестве всегда находится там, где есть газ. Присутствие пыли можно обнаружить на фотографиях галактик, ведь она поглощает свет звезд. И действительно, у многих галактик, вдоль спиральных ветвей, преимущественно по их внутренней стороне, где как раз ожидается «вхождение» газа в волну уплотнения, видны темные волокна пыли. Вдобавок, в некоторых близких галактиках непрерывное радиоизлучение концентрируется в области спиральных ветвей. Это также подтверждает, что газ, а с ним и магнитное поле сжимаются при «входе» в спиральную ветвь.

Волновая теория ветвей нашла свое

■

*Галактика М 101 в созвездии Большой Медведицы. Слева — распределение нейтрального водорода, полученное по радионаблюдениям в Вестерборке; справа — обычная фотография этой галактики. Масштаб снимков одинаков. Положение ветвей совпадает, хотя на фотографии их можно проследить до большого расстояния от центра*

подтверждение и в расчетах, выполненных на быстродействующих ЭВМ. Пусть у нас имеется много точек, притягивающих друг друга по закону всемирного тяготения. Для двух точек нетрудно получить уравнения, которые описывали бы их движение, и узнать, как они будут перемещаться в пространстве. Но уравнения для трех точек в общем случае уже нельзя решить аналитически — задача слишком сложна. Что же говорить о четырех, пяти и более взаимодействующих точках? Но оказывается, на ЭВМ можно, не получая конечных формул, рассчитать движение и трех, и десяти, и тысячи, и какого угодно количества точек, — лишь бы машина имела достаточную емкость памяти и скорость счета. Американские исследователи Р. Миллер, К. Прендергаст и В. Квирк на ЭВМ, обладающей громадной памятью (4 млн. бит!), изучили движение в одной плоскости более ста тысяч точек. Правда, столь большое число точек удалось использовать, вводя некоторые упрощения в вычислительный процесс. Начальные условия были выбраны такими, чтобы точки имитировали население вращающейся галактики. Движение газа и звезд происходит немного по-разному, так как облака газа непрерывно сталкиваются друг с другом, а звезды — нет. Поэтому некоторые точки в этой схеме «изображали» газ, а другие — звезды. Сначала вся «галактика» состояла из «газа», но постепенно «газ» превращался в «звезды».

Электронный компьютер строил изображения взаимодействующих точек через определенные промежутки времени. Из длинной серии рисунков был сделан настоящий мультфильм. И вот результат: на рисунках видно, как точки, изображающие «газ», быстро сформировали двухрукавную спиральную структуру, типичную для многих галактик. Причем спирали были не просто вытянутыми уплотнениями, а действительно волнами плотности — они вращались с одинаковой угловой скоростью, и отдельные точки проходили сквозь спиральные ветви, лишь немного изменяя при этом свою скорость.

Но искусственно построенные модели галактик — это одно, а реально наблюдаемые ветви галактик — другое. Были проведены специальные наблюдения, чтобы проверить, движутся ли газ и звезды относительно спиральной ветви (или ветвь по диску галактики). Конечно, ожидаемые движения должны происходить слишком медленно, чтобы удалось заметить, как газ или звезды перемещаются через ветвь. Если такое движение существует, оно должно сказаться на распределении внутри ветви звезд различного возраста, ведь с волной сжатия перемещается и область преимущественного образования звезд. Следовательно, самые молодые звезды должны быть в большинстве случаев на внутренней границе ветви. Наблюдения трех соседних спиральных галактик — туманности Андромеды, звездных систем в Треугольнике и Гончих Псах — подтвердили, что относительное движение диска галактик и спирального «узора», действительно, существует.

Области интенсивного образования звезд перемещаются по галактикам.

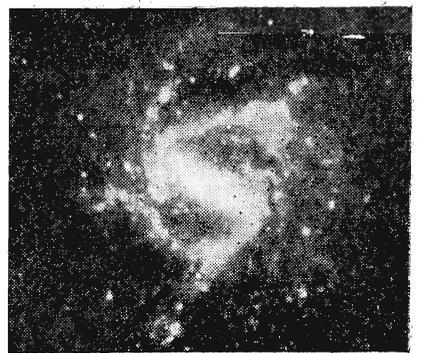
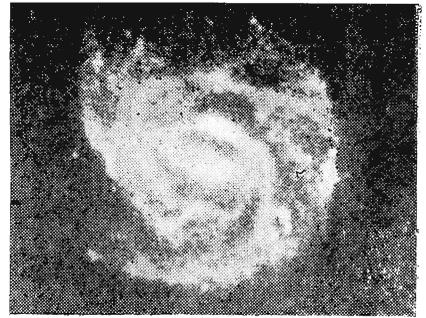
Другое предсказание теории: в спиральных рукавах должно быть больше водорода (в расчете на единицу площади), чем между ветвями. Изучить распределение и движение нейтрального водорода в галактиках можно, только если радиотелескоп позволяет различать такие детали структуры галактик, которые по своему размеру сопоставимы с шириной спиральных ветвей, иначе вся картина окажется сильно «размытой». Получить столь резкую картину очень трудно. Для детального исследования нужны сложные системы радиоастрономических антенн. В последние годы в ряде стран проектируются, строятся или вступили в строй крупные радиоинтерферометры, которые, возможно, помогут проверить теорию и выявить новые особенности «радиоструктуры» спиральных галактик. Большие надежды вселяет недавно вступивший в строй радиотелескоп в Вестерборке (Голландия). Это уникальное сооружение имеет 12 параболических антенн. Диаметр каждой из них равен высоте девятиэтажного дома (25 м). Десять антенн стоят неподвижно на расстоянии 144 м друг от друга, а две могут перемещаться по специальным рельсам. Каждая подвижная антенна способна работать «в паре» с любой из остальных. Поэтому одновременно можно вести наблюдения как бы 20 парами антенн, 20 интерферометрами. Записи полученных сигналов обрабатываются на ЭВМ. Такой радиотелескоп может различить детали размером меньше угловой минуты. Для галактики М 101 в созвездии Большой Медведицы по-

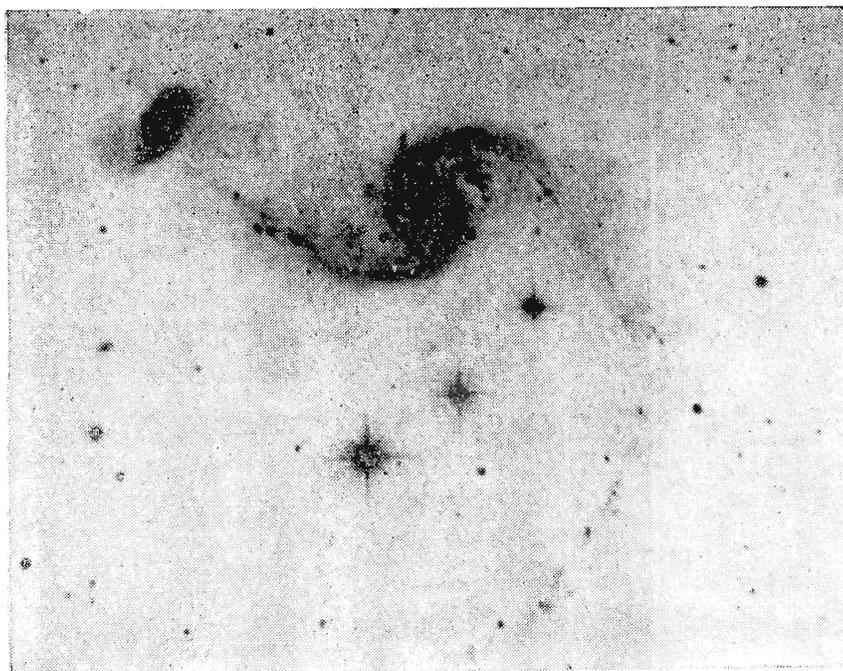
лучена четкая картина «водородных» спиральных ветвей, совпадающих со звездными, что согласуется с выводами теории.

#### ВОПРОСЫ ОСТАЮТСЯ

И все же о природе спиральных ветвей мы знаем мало. Теория может объяснить, почему вращение галактики не разрушает их очень быстро, качественно показать, что ветви должны быть областями преимущественного образования звезд, объяснить в общих чертах форму ветвей. Но остается неясным, какие процессы дают начало спиральным ветвям, почему в одних галактиках спирали есть, а в других отсутствуют. Все предположения и расчеты, предлагавшиеся для ответа на эти вопросы, еще нуждаются в подтверждении. Да и форма спиральных ветвей часто слишком сложна, чтобы считать ее правильной двухрукавной спиралью. Ветви могут быть и широкими, и узкими, сливаться, разветвляться, соединяться перемычками, образовывать несколько независимых «ярусов» и т. д. Объяснить это многообразие форм пока не удается. Наконец, в некоторых звездных системах спирали имеют явно неволновую природу, хотя форма их всегда связана с вращением галактики. Это относится не только к спиральным «обрывкам»

■  
*Разнообразны формы спиральных ветвей галактик. Из тысячи известных галактик не найти и двух одинаковых*





внутри галактик. Известно немало случаев, когда спиральные ветви... выходят за пределы самих галактик! Широкие и неяркие, они тянутся неровной полосой подчас на многие десятки тысяч световых лет через периферийные области звездных систем, уходя в межгалактическое пространство. Возникают они почти исключительно там, где есть две или несколько взаимодействующих друг с другом галактик. Это — спиральные ветви, появляющиеся лишь при действии на звездную систему извне.

Внешнее гравитационное поле может изменить внутреннюю структуру галактики. Ведь все ее вещество удерживается силами гравитации. Когда к галактике подходит другая массивная звездная система, возникают силы, стремящиеся галактику разрушить. Но чаще всего до полного разрушения дело не доходит.

*Галактика с далеко уходящими спиральями (негатив). Происхождение спиральных ветвей связано с гравитационным взаимодействием соседних галактик*

Часть звезд отрывается от основного тела галактики и при определенных условиях может образовать одну или две «струи», искривляющиеся из-за того, что звезды сохраняют свой момент вращения. Получаются спирали из оторванных от галактики звезд. Если звездная система не окружена достаточно плотной газовой средой или не простирает свои границы много дальше, чем это принято считать, то судьба спиралей проста: пройдут сотни миллионов лет и входящие в них звезды частично покинут галактику навсегда, двигаясь по сильно измененным орбитам. Правильность подобных представлений подтверждается расчетами взаимодействия звездных систем, проводившимися советскими учеными Т. М. Энеевым, Р. А. Сюняевым и Н. Н. Козловым на ЭВМ (см. статью в этом номере журнала).

Но вот что удивительно: такие далеко уходящие ветви иногда «стыкуются» с обычными спиральями внутри галактики. Значит, возбуждение спиральных волн может быть связано и с внешним воздействием. Получается, что одна галактика может на расстоя-

нии влиять на образование звезд (а значит, и планет, и межзвездной пыли, и горячего газа) в другой, соседней галактике. Есть основания полагать, что наша Галактика также несет следы взаимодействия с соседней двойной системой — Большим и Малым Магеллановыми Облаками. Интересно и другое. В длинных ветвях-выбросах, как и в «нормальных» спиральных ветвях, присутствуют иногда области ионизованного водорода. Это говорит о рождении в них горячих звезд, хотя и не таком интенсивном, как внутри галактик. Что может стимулировать звездообразование столь далеко от плотных областей галактик? Не вызвано ли оно движением ветви в разреженном межгалактическом газе? Достаточно ли только учета гравитационного взаимодействия между галактиками, чтобы объяснить далеко уходящие спирали? Все это еще предстоит выяснить. От астрофизиков требуются и новые наблюдения, и новые теоретические расчеты, хотя первые шаги к объяснению спиральных ветвей уже сделаны.



Кандидат физико-математических наук  
Н. Н. КОЗЛОВ  
Доктор физико-математических наук  
Р. А. СЮНЯЕВ  
Член-корреспондент АН СССР  
Т. М. ЭНЕЕВ

## Приливное взаимодействие галактик

Уже давно астрономов интересовали удивительные особенности структуры галактик. На фотографиях у некоторых звездных систем, в общем-то ничем не отличающихся от множества других, наблюдаются довольно протяженные, тонкие и четко выраженные «хвосты». Среди галактик с «хвостами» встречаются пары, у которых «хвосты» направлены в противоположные стороны. Между близкими галактиками иногда видны перемычки — «мосты», как бы связывающие их друг с другом. Все такие галактики получили название **взаимодействующих**.

К настоящему времени накоплен обширный фотографический материал, содержащий тысячи снимков галактик. Тщательный их анализ позволил выделить среди массы спиральных и эллиптических звездных систем значительное число взаимодействующих. Профессор Б. А. Воронцов-Вельяминов составил «Атлас взаимодействующих галактик».

Сразу после открытия взаимодействующих галактик были предложены гипотезы, пытавшиеся объяснить появление у них аномальных деталей. Серьезного внимания заслуживает гипотеза, которая связывает происхождение перемычек и «хвостов» у галактик с приливными эффектами — действием мощных гравитационных сил в межгалактическом пространстве. Источником таких сил могут быть соседние звездные системы или невидимые тела, например «мертвые» квазары, претерпевшие гравитационный коллапс, и галактики, звезды в которых исчерпали запасы ядерной энергии. Ни «мертвые» квазары, ни очень старые галактики нельзя на-

**Галактики изучают не только традиционными астрономическими методами. Чтобы объяснить отдельные структурные особенности галактик, ученые строят математические модели звездных систем, используя электронно-вычислительную технику.**

блюдовать непосредственно оптически либо радиоастрономическими инструментами. Существование их может быть, однако, обнаружено по возмущению структуры галактик, мимо которых прошли эти объекты.

В 1971—1972 годах в Институте прикладной математики АН СССР исследовалось воздействие больших масс вещества на развитие галактик. Процессы гравитационного взаимодействия вещества моделировались на цифровой вычислительной машине с последующим отображением обнаруженных закономерностей на экране дисплея — устройства, которое переводит цифровую информацию в зрительные образы. С экрана дисплея снимался на киноплёнку фильм, демонстрирующий изменения структуры галактик под действием гравитационных возмущений.

Следует отметить, что математическое моделирование галактик — дело весьма сложное, поскольку любая галактика состоит из большого числа разнородных элементов: газа, пыли, звезд. Математическая модель галактики должна отражать характерные особенности реальных галактик и быть достаточно простой, чтобы под малозначительными деталями не

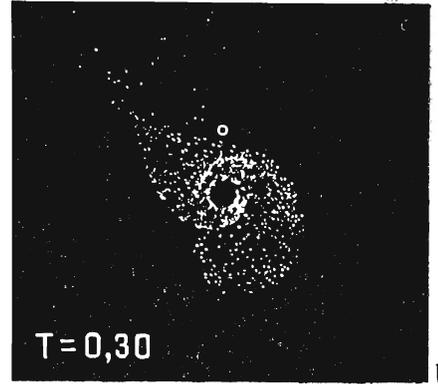
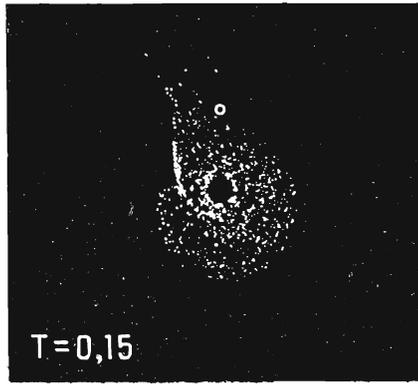
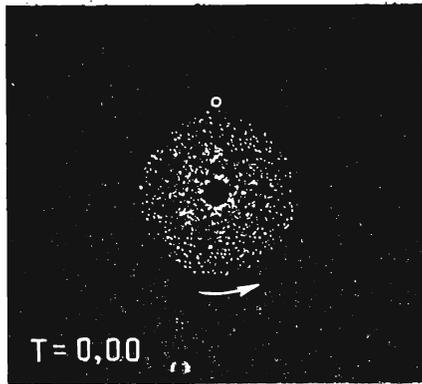
скрывались основные эффекты гравитационного взаимодействия тел. При построении модели галактики учитывалось, что основная ее масса сосредоточена в ядре, а вещество периферической зоны благодаря вращению собрано в диск. Поэтому модель галактики содержала две разнородные компоненты: центральную сферически симметричную, в которой сосредоточена вся масса галактики, и периферическую дискобразную, включающую точки-спутники исчезающе малой массы. В исходном (невозмущенном) состоянии точки-спутники равномерно распределялись вокруг ядра, их плотность падала по мере удаления от него. Точки-спутники двигались в одном направлении по круговым орбитам. Модель возмущающего тела представляла собой более или менее компактную структуру со сферически симметричным распределением масс.

Эволюцию структуры возмущенной галактики можно было проследить по

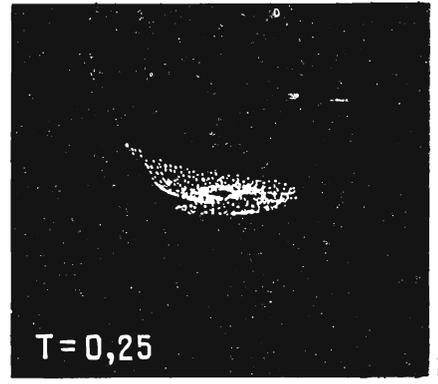
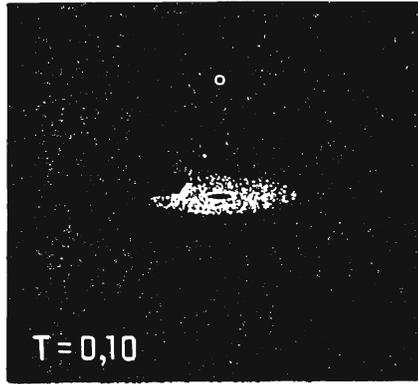
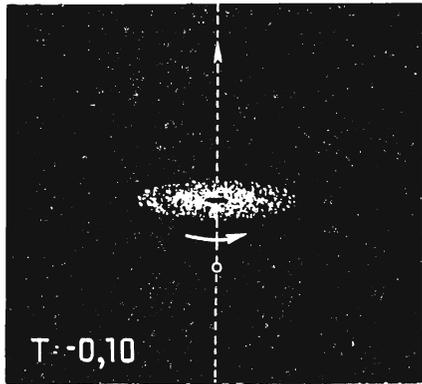
К рисункам на стр. 12—13

*Эволюция спиральной галактики, вызванная пролетом возмущающего тела перпендикулярно плоскости начального вращения. Проекция на плоскость невозмущенной галактики (верхний ряд) и под углом  $15^\circ$  к этой плоскости (следующий ряд)*

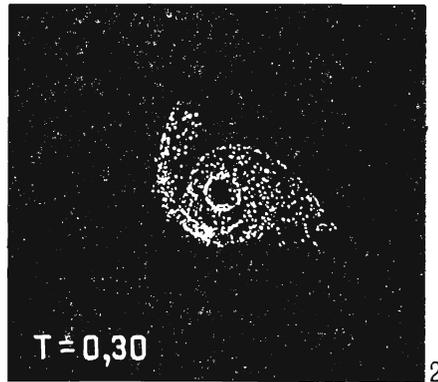
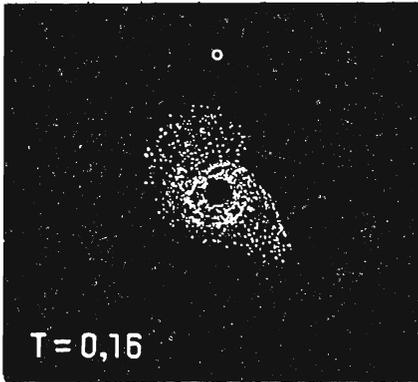
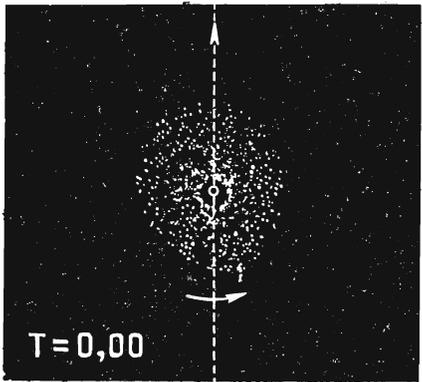
*Эволюция спиральной галактики, вызванная пролетом возмущающего тела над плоскостью диска. Проекция на плоскость невозмущенной галактики (для времени 1,89 млрд. лет масштаб изображения уменьшен вдвое) и под углом  $15^\circ$  к этой плоскости (нижний ряд)*



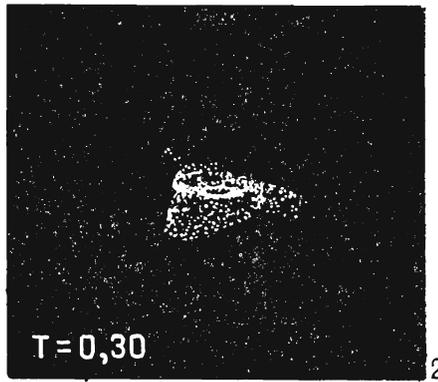
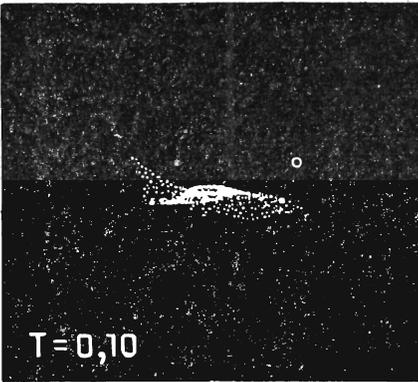
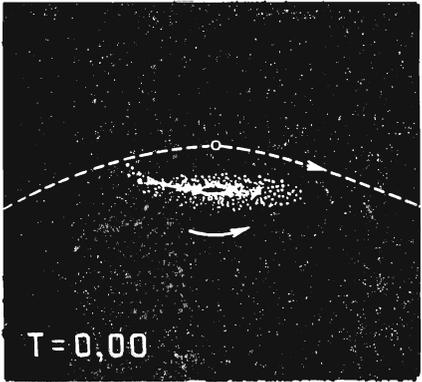
1a



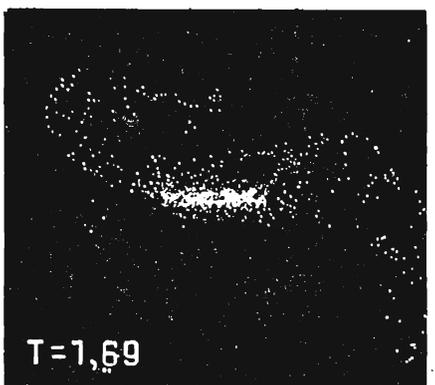
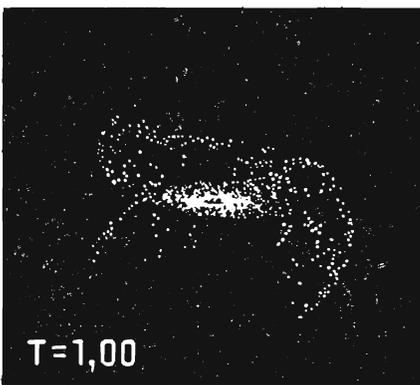
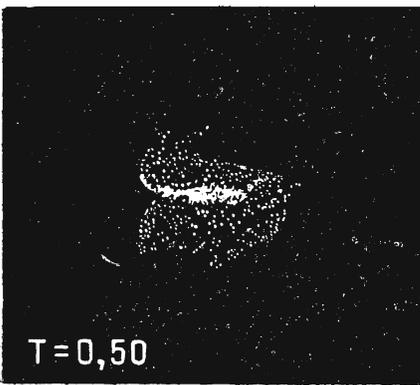
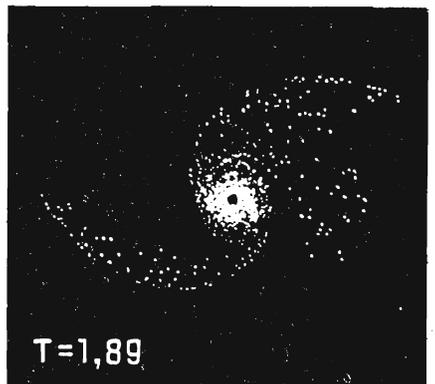
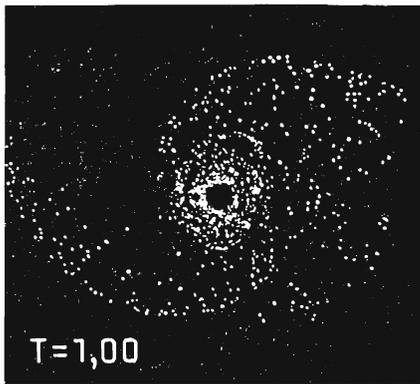
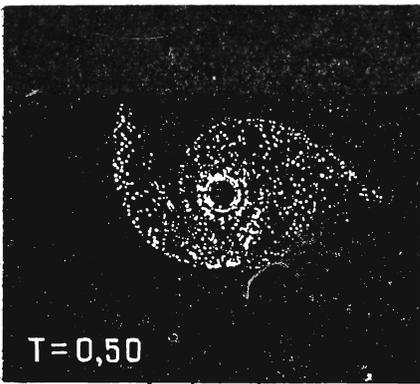
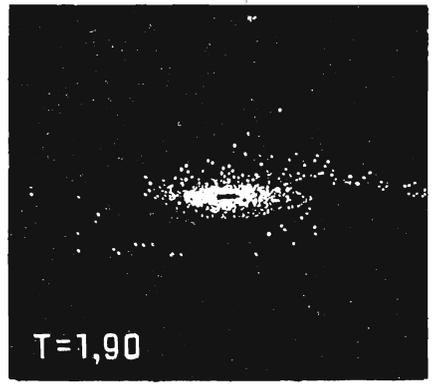
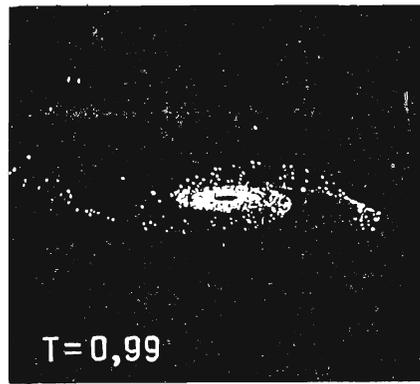
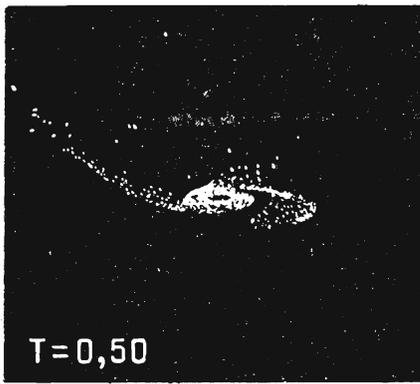
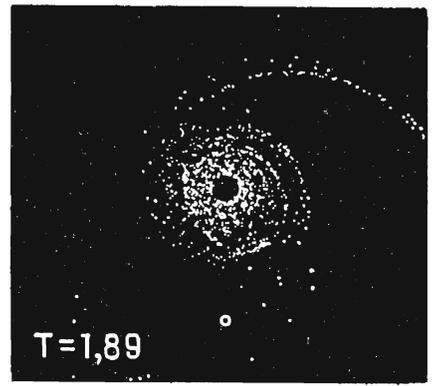
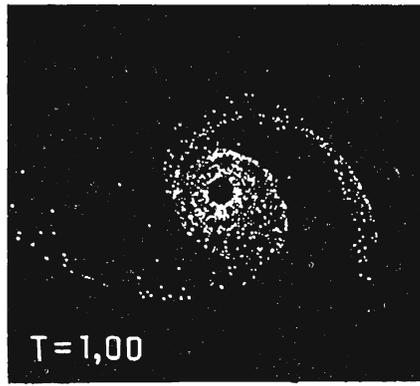
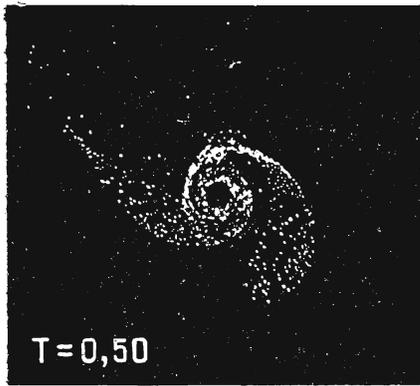
1b

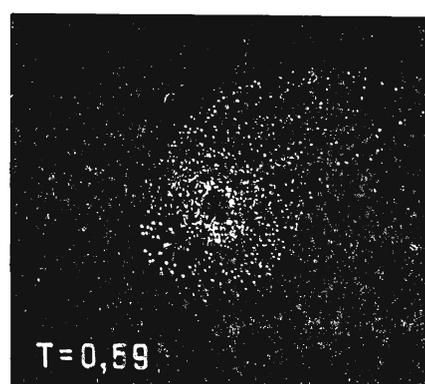
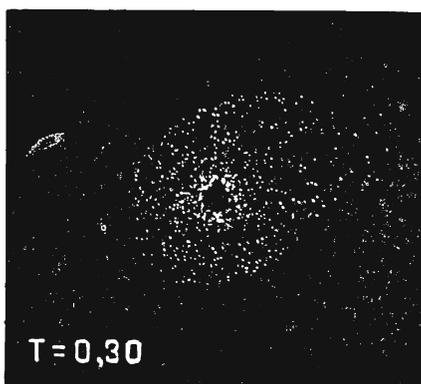
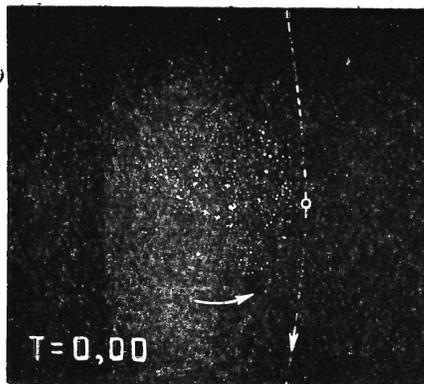


2a

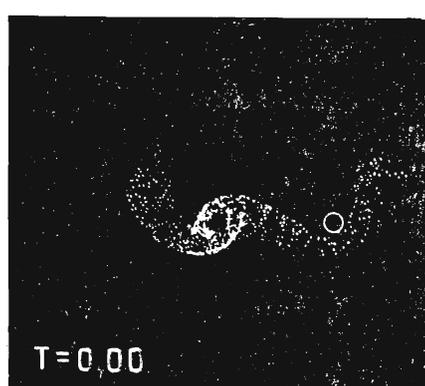
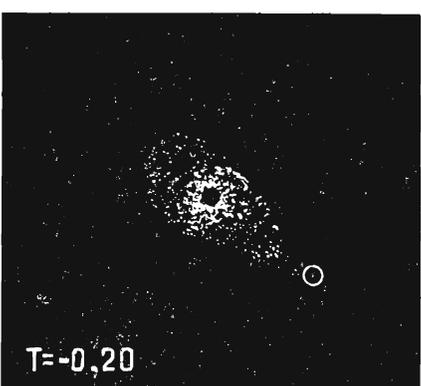
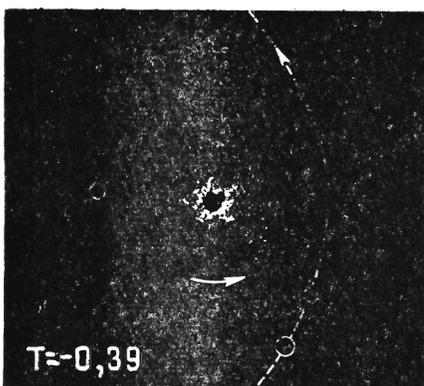


2b

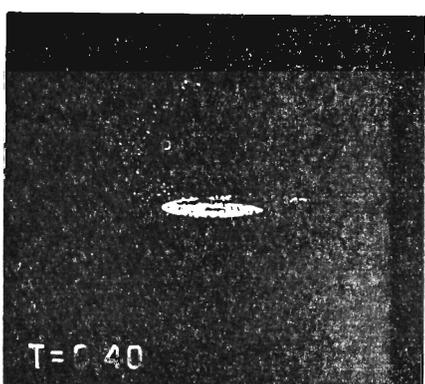
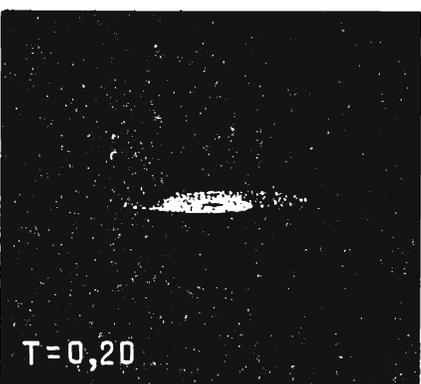
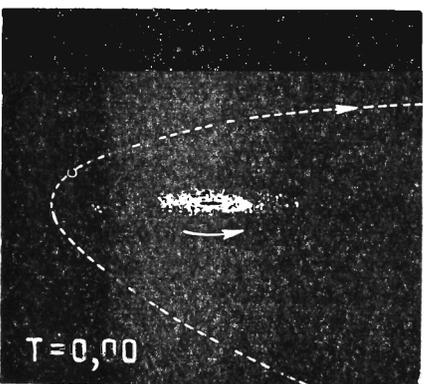




3



4



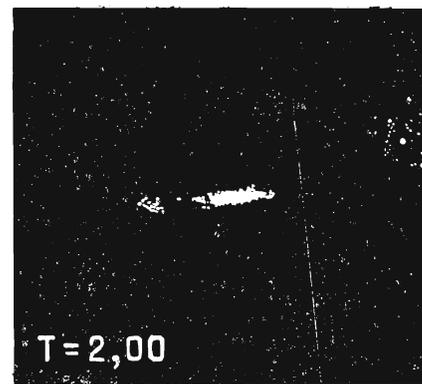
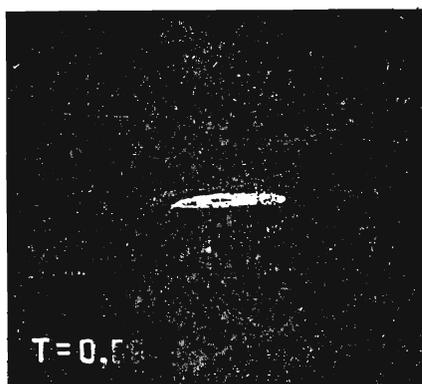
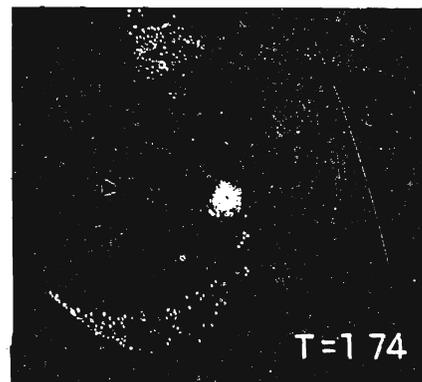
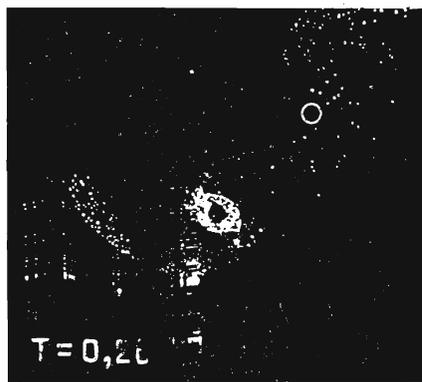
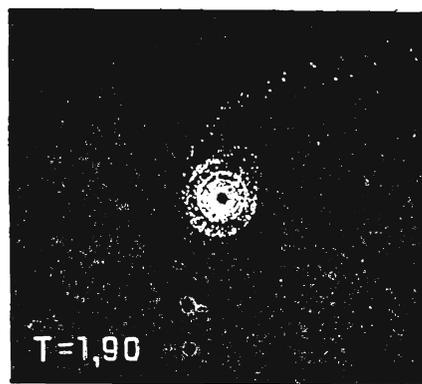
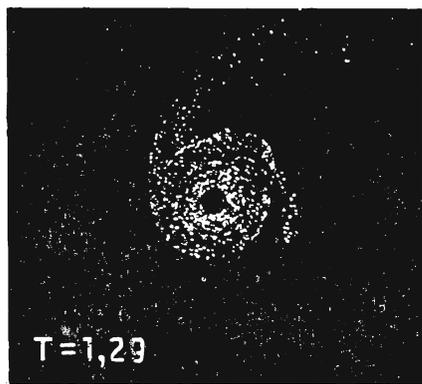
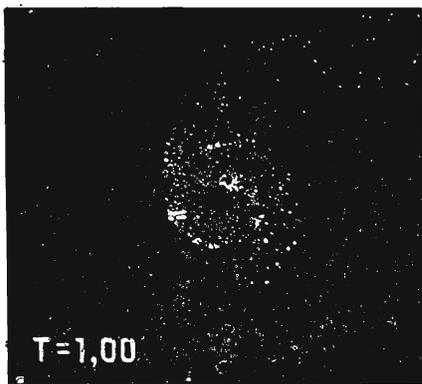
5

■  
Эволюция спиральной галактики, вызванная пролетом возмущающего тела в плоскости диска — против направления его вращения (для времени 1,90 млрд. лет масштаб изображения уменьшен вдвое)

■  
тела большой массы в плоскости диска — по направлению его вращения (для времени 0,75 и 1,74 млрд. лет масштаб изображения уменьшен вдвое)

■  
Эволюция спиральной галактики, вызванная пролетом возмущающего

■  
тела под углом 30° к плоскости диска (для времени 2,00 млрд. лет масштаб изображения уменьшен вдвое)



движению точек-спутников, подвергавшихся гравитационному воздействию ядра галактики и возмущающего тела. Так как с самого начала рассматривалась трехмерная задача, то для нахождения траектории 1000 точек-спутников пришлось интегрировать численным методом систему дифференциальных уравнений 6000-го порядка. Более точно система 6000-го порядка распадается на 1000 систем шестого порядка. В определенные

моменты времени положение точек-спутников отображалось в изометрической проекции на экране дисплея.

Безусловно, важнейший эффект, обнаруженный в процессе исследования,—образование спиральных ветвей. Но эти спирали специфичны: они сильно выражены на далекой периферии галактики и слабо в ее центральных областях. Возможно, удастся отличить спиральные ветви, возник-

шие в результате приливного взаимодействия, от спиралей, свойственных самой галактике. Последние, напротив, ярко выражены в центральных областях звездных систем. Приливное взаимодействие должно приводить к формированию спиральных рукавов или подобных им волн плотности и на периферии эллиптических галактик. Интересно, что слабо выраженные спиральные рукава обнаружены на периферии эллиптической галактики



NGC 205 — спутника туманности Андромеды.

Были рассмотрены различные варианты пролета массивного тела относительно диска галактики: перпендикулярно ее плоскости; над плоскостью; в плоскости — против направления вращения галактики; в плоскости — по направлению ее вращения и др. На страницах 12—13 и 14—15 представлено по шесть кадров, иллюстрирующих различные варианты пролета. В действительности каждый вариант занимает несколько тысяч кадров. На первых кадрах показано направление вращения галактики и направление движения возмущающего тела по орбите. Каждый кадр «датирован», время  $T$  приводится в миллиардах лет. Момент  $T = 0$  соответствует самому тесному сближению пролетающего тела с галактическим ядром. Попытаемся по этим кадрам проследить, как сказывается на структуре галактики сближение с массивным объектом.

Кадры верхнего ряда на стр. 12—13 (1а) демонстрируют пролет возмущающего тела в проекции на плоскость невозмущенной галактики. Тело с массой, равной массе галактики, движется перпендикулярно ее плоскости с гиперболической (в данном случае удвоенной параболической) скоростью на расстоянии 40 кпс от центра галактики. Масса галактики составляет  $10^{11}$  солнечных, ее радиус равен 36 кпс. Период обращения частицы по орбите радиуса 36 кпс достигает 2 млрд. лет. Естественно, все параметры задачи могут быть заменены на другие, если принятые соотношения между ними сохраняются.

Пролет массивного тела приводит, прежде всего, к образованию двух четко выраженных спиральных рукавов у галактики. Кроме того, возмущающее воздействие тела для некоторых частиц оказывается столь сильным, что одни частицы выбрасываются из сферы притяжения галактики, другие вследствие сильного торможения быстро меняют направление своего движения и обрушиваются на центральные области галактики и даже на ее ядро. Траектории движения этих частиц уже не круговые, а вытянутые, эллиптические.

На кадрах второго ряда (1б) условия пролета тела такие же, но звездная система видна сбоку, под углом  $15^\circ$  к плоскости невозмущенного диска. Здесь тоже формируются два спиральных рукава, однако заметны и новые важные детали структуры галактики. Невозмущенная плоскость диска галактики искажается и становится «пространственной».

Последующие кадры (2а и 2б) соответствуют пролету тела над плоскостью галактики, причем сначала рассматривается эволюция звездной системы в проекции на плоскость ее невозмущенного диска, а затем — под углом  $15^\circ$  к этой плоскости. Размеры галактики, ее масса и масса возмущающего тела остались прежними, однако скорость тела и минимальное расстояние, на котором оно проходит от галактики, имеют другие значения. Скорость возмущающего тела примерно в 1,5 раза больше параболической, а минимальное расстояние от центра звездной системы составляет 20 кпс.

После сближения тела с галактикой у нее будет уже три спиральных ру-

кава. Однако наиболее интересная особенность данного варианта — глубокая пространственная эволюция структуры галактики. Эта эволюция хорошо видна на кадрах четвертого эпизода кинофильма (2б). Любопытно, что через некоторое время после того, как галактика сделает один оборот, в двух противоположных секторах диска происходят неравные по амплитуде отклонения частиц вверх и вниз от плоскости диска. Эти отклонения в какой-то мере похожи на отклонения, наблюдаемые в нашей Галактике и в туманности в созвездии Треугольника. Сильно возмущенные орбиты частиц могут пересекать плоскость диска как в его центральной части, так и на периферии. Звезды и газ, попадая на такие орбиты, ведут себя по-разному. Звезды, когда возмущающее тело удалится, продолжают двигаться вокруг ядра по медленно меняющимся кеплеровским орбитам. Газ на своем пути встретит поглощающую поверхность диска, и частицы не смогут пройти из верхней полуплоскости в нижнюю, и наоборот. Движение газа будет имитировать падение вещества на плоскость диска. Такое явление замечено, например, в нашей Галактике.

На верхних кадрах, воспроизведенных на стр. 14—15 (3), возмущающее тело движется в плоскости, совпадающей с плоскостью диска галактики, в направлении против его вращения. В данном случае четко выражен и достаточно устойчив лишь один спиральный рукав (второй имеет незначительные размеры и быстро распадается). Постепенно спиральный рукав принимает форму, весьма напоминающую те выступы — «хвосты»,



## **ПРОГРАММА РАБОТ НА ОРБИТАЛЬНОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ «САЛЮТ-3» УСПЕШНО ВЫПОЛНЕНА**

*(Продолжение. Начало на 2-й стр. обложки.)*

По завершении основной программы работ 23 сентября от станции «Салют-3» был отделен возвращаемый аппарат с материалами исследований и экспериментов. В расчетное время была включена его двигательная установка, и аппарат перешел на траекторию спуска к Земле. Перед входом в плотные слои атмосферы произошло отделение двигательной установки, а на высоте 8,4 км — введение в действие парашютной системы. Возвращаемый аппарат приземлился в заданном районе территории Советского Союза.

Первоначально запланированная длительность полета станции «Салют-3» составляла 90 суток. В связи с тем, что в процессе полета выявились дополнительные возможности в работе бортовых систем, полет станции в автоматическом режиме будет продолжен. Выполнение дополнительной программы позволит получить больший объем научно-технической информации.

Материалы экспериментов, выполненных на станции, обрабатываются, изучаются и будут опубликованы.

Результаты полета станции «Салют-3» дадут возможность сделать новые важные шаги по дальнейшему развитию орбитальных станций и созданию новых перспективных космических аппаратов.

Полет станции «Салют-3» продолжается.

«Правда», 27 сентября 1974 года

которые наблюдаются на фотографиях отдельных галактик.

Следующий эпизод фильма (4) соответствует пролету возмущающего тела в плоскости диска галактики, но уже в направлении его вращения. Характеристические параметры данной задачи существенно отличаются от параметров предыдущих вариантов. Возмущающее тело имеет массу, в 4 раза превосходящую массу галактики, мимо которой оно пролетает. Это массивное тело движется с параболической скоростью и приближается к галактике на расстояние, вдвое превышающее ее радиус (72 кпс). Оно может захватить  $\frac{1}{5}$  часть вещества галактики. Столь значительный захват вещества, несмотря на относительную дальность пролета, объясняется медленным движением и большой массой возмущающего тела. Следует, однако, отметить, что первый фактор играет здесь главную роль. При параболической (или близкой к ней) скорости движения можно подобрать такое минимальное расстояние пролета, на котором будет происходить более или менее значительный захват вещества, даже если масса возмущающего тела невелика. «Мертвый» квазар или какой-либо другой массивный компактный объект, пролетевший мимо галактики и захвативший часть ее вещества, может, таким образом, породить новую галактику. Захваченное вещество может оформиться в отдельное скопление звезд и газа, связанное с галактикой перемычкой — «мостом». Не исключено, что здесь мы имеем дело с одним из механизмов образования реальных перемычек, наблюдающихся у некоторых галактик.

Наконец, заключительный эпизод кинофильма (5) демонстрирует промежуточный вариант пролета возмущающего тела. Плоскость его орбиты наклонена к плоскости диска галактики на  $30^\circ$ , перигаллактика удалена на  $30^\circ$  от ее узла и находится в 72 кпс от центра галактики. Возмущающее тело движется по параболической траектории и имеет массу, равную массе галактики.

У галактики также наблюдается образование спиральных рукавов, и часть ее вещества захватывается возмущающим телом. Однако эволюция структуры галактики в данном случае имеет существенно пространственный характер. Захваченные телом частицы движутся вокруг него примерно в одной плоскости, причем эта плоскость перпендикулярна к плоскости диска невозмущенной галактики. Между галактикой и веществом, покинувшим ее, могут появляться перемычки — «мосты».

Математическое моделирование процессов гравитационного взаимодействия галактик помогло обнаружить эффекты, которые напоминают реальные структуры на фотографиях галактик. Пока нельзя утверждать, что именно эти механизмы стали причиной образования «хвостов» и перемычек между галактиками. Однако уже сейчас ясно, что гравитационное взаимодействие сильно влияет на динамику развития звездных систем. Дальнейшие исследования позволят установить истинные масштабы этого влияния и его подлинную роль в эволюции галактик.



Кандидат физико-математических наук  
А. Г. ДОРОШКЕВИЧ

## Возникновение галактик в расширяющейся Вселенной

НА КАКИЕ ВОПРОСЫ ДОЛЖНА ОТВЕТИТЬ ТЕОРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЛАКТИК?

Когда и в какой последовательности возникали звезды, галактики и скопления галактик? Каковы характерные величины масс и плотностей галактик и их скоплений? Чем вызвано вращение звездных систем? Почему часть их собрана в скопления, а часть существует как галактики поля? Ответа на эти вопросы прежде всего ждут астрономы от теории происхождения галактик.

Теория должна выяснить взаимосвязь галактик, квазаров и межгалактической среды. Какая доля вещества Вселенной вошла в состав звездных систем и их скоплений, в каком виде существует вещество между галактиками и скоплениями галактик, почему при анализе спектров далеких квазаров все еще не найдено следов межгалактического вещества, какую роль играют квазары в образовании галактик?

Теория также должна сказать, какие особенности на догалактической стадии Вселенной привели к появлению всей ее иерархической структуры. Поэтому любая теория образования галактик должна опираться на определенную космологическую модель.

Единственный доступный нам сегодня способ получения некоторой информации о догалактическом периоде эволюции Вселенной — реликтовое излучение. («Земля и Вселенная», № 3, 1969 г., стр. 4—11.— Ред.) Для теории происхождения галактик особенно важны два вывода космологии, основанные на исследо-

**Прежде чем во Вселенной появились галактики, в ней некоторое время могли существовать необычные плоские образования — «блины». Они-то и распались на скопления галактик, галактики, звезды.**

ваний спектра и распределения интенсивности реликтового излучения по небесной сфере. Во-первых, однородная и изотропная горячая космологическая модель Фридмана хорошо согласуется с наблюдениями и, во-вторых, в эпоху, предшествующую образованию галактик, во Вселенной не происходило активных процессов, сопровождавшихся значительным выделением энергии. При создании теории мы обязаны исходить лишь из таких предположений о догалактической структуре Вселенной, которые не противоречат этим требованиям. Например, для объяснения вращения галактик казалось бы естественно допустить, что на догалактической стадии во Вселенной существовали сильные турбулентные движения. Однако эту гипотезу нелегко совместить с наблюдаемой изотропией температуры реликтового излучения.

Вероятная схема образования галактик в расширяющейся Вселенной разработана в отделе теоретической астрофизики Института прикладной математики АН СССР под руководством академика Я. Б. Зельдовича. За основу принята горячая космологическая модель Фридмана, предполагающая строго однородное распределение вещества в пространстве и строго изотропное его расширение (хаббловское расширение). Согласно

этой схеме, на ранних этапах эволюции Вселенной вещество было распределено в пространстве однородно и расширялось изотропно. Существовали лишь малые случайные возмущения скорости и плотности, возрастающие в ходе расширения из-за гравитационной неустойчивости. Когда возмущения становились достаточно большими, происходило сжатие вещества ударной волной в плоские плотные объекты — «блины». Вещество в «блинах» нагревалось до высоких температур — вплоть до миллиона градусов. Под действием тепловой и гравитационной неустойчивости «блины», остывая, распадались на отдельные галактики и одновременно — на облака газа, в дальнейшем дробящиеся на звезды. Возможно, в этот период образовались квазары. Излучение нагретого газа «блина» и квазаров ионизовало окружающий газ, не вошедший в «блины». На догалактической стадии движения во Вселенной — безвихревые. Однако в ударных волнах при образовании «блина» появлялись вихревые скорости, приводящие к быстрой турбулизации сжатого газа и вращению возникающих галактик. В центральной части «блина» вихревые скорости были малы, поэтому здесь формировались преимущественно эллиптические галактики. Из-за движения отдельных галактик «блин» терял характерную плоскую форму. Часть галактик группировалась в скопления, часть рассеивалась, образуя галактики поля.

Эта схема происхождения галактик, не противоречащая современным наблюдениям, позволяет получить характерные значения массы галактик и их скоплений, величину момента вра-

щения галактик, дает возможность с единой точки зрения подойти к вопросам происхождения и эволюции звезд, галактик, скоплений галактик. Вместе с тем схема сложна, содержит несколько последовательных этапов. Детальные расчеты затруднены статистическим, случайным характером начальных возмущений. Пока завершен лишь качественный анализ отдельных частей теории, которые мы и рассмотрим более подробно.

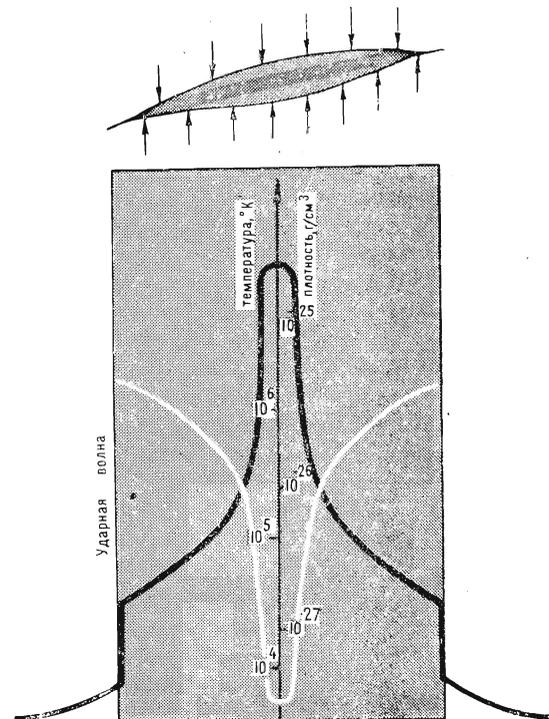
#### ГРАВИТАЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ОДНОРОДНОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Представляется очевидным, что однородно распределенное в пространстве вещество неустойчиво и собирается в сгустки под действием сил тяготения. Такие идеи высказывались еще И. Ньютоном. Количественно этот вопрос был рассмотрен впервые в работах Дж. Джинса. Он показал, что возмущения больших масштабов нарастают с течением времени, тогда как возмущения малых масштабов стабилизируются давлением вещества, которое оказывается сильнее тяготения. Масштаб, начиная с которого возмущения нарастают, носит название длины волны Джинса. В рамках общей теории относительности развитие малых возмущений в однородной и изотропной космологической модели Фридмана рассмотрел член-корреспондент АН СССР Е. М. Лифшиц.

Согласно горячей космологической модели, на ранних этапах эволюции Вселенной температура вещества и реликтового излучения была высока, все вещество было ионизовано и на-

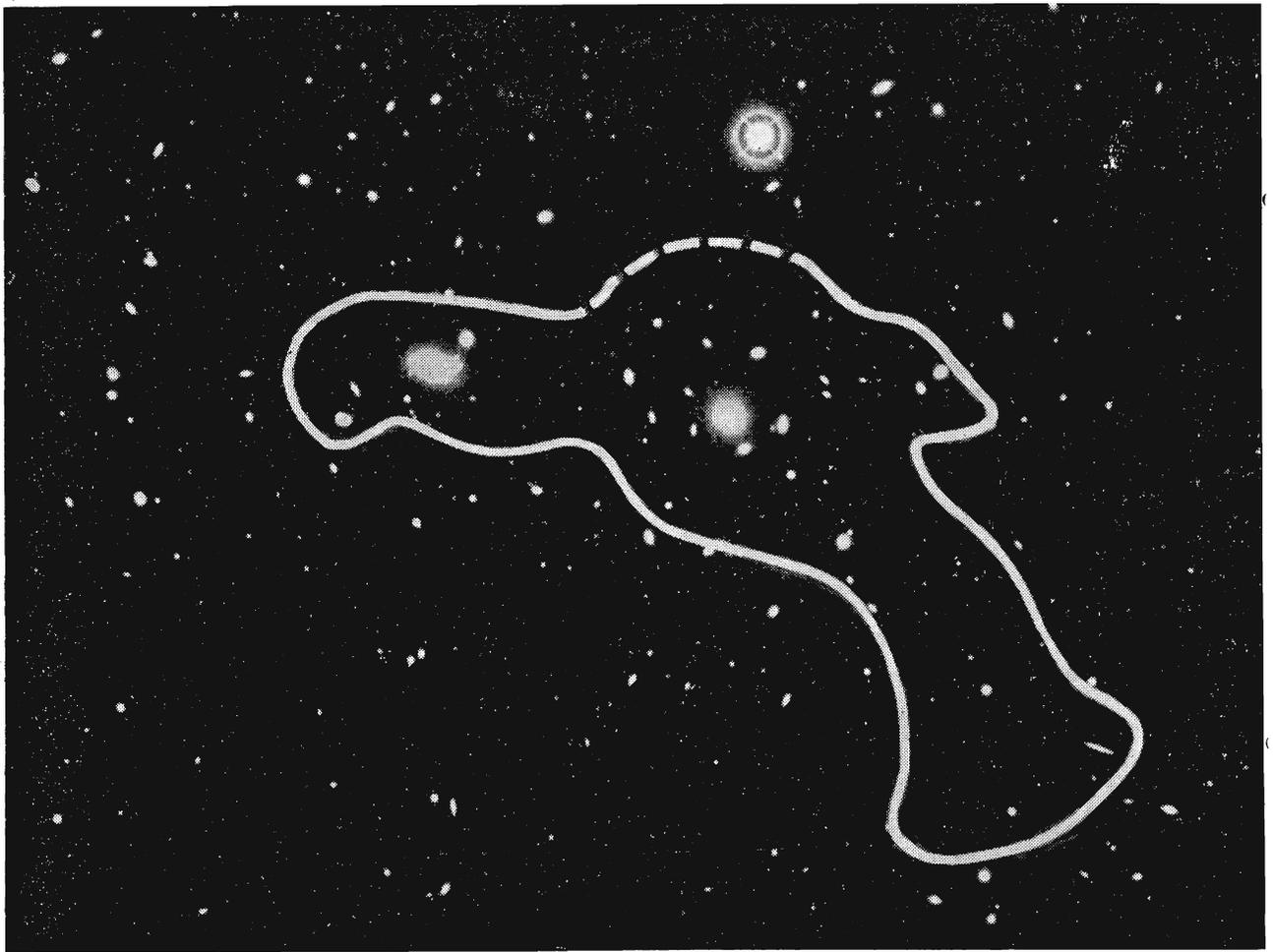
ходилось в равновесии с излучением. В эту эпоху давление излучения эффективно стабилизировало возмущения и длина волны Джинса была велика. В ходе расширения водород рекомбинирует, он становится нейтральным и перестает взаимодействовать с излучением. Давление излучения уже не играет роли в стабилизации возмущений. Длина волны Джинса резко уменьшается и определяется теперь только давлением вещества, которое много меньше давления излучения. Начинают расти возмущения всех масштабов, сохранившиеся до этого времени. К моменту рекомбинации водорода возмущения частично затухают из-за влияния вязкости и теплопроводности. В результате после рекомбинации остаются лишь возмущения достаточно больших масштабов, охватывающие области с массой не менее  $10^{13}$ — $10^{14}$  солнечных, в зависимости от выбранных параметров космологической модели. Характерная масса, определяющая область затухания возмущений, играет в описываемой теории происхождения галактик фундаментальную роль. Ее величина определяет массу возникающего «блина», его температуру и дисперсию скоростей в нем. Масса и момент вращения галактик также зависят от этой величины.

Появление важной величины — массы, определяющей область затухания возмущений, которая зависит лишь от параметров космологической модели и физических постоянных, — крупный успех линейной теории гравитационной неустойчивости.



Разрез «блина». Стрелками показан поток холодного набегающего газа. Внутри контура — сжатый, горячий газ

Распределение температуры и плотности в «блине». На поверхности «блина» набегающее холодное вещество тормозится, сжимается и нагревается в ударной волне. Вне «блина» температура пренебрежимо мала. Центральная часть «блина» занята сравнительно холодным и плотным газом. Его плотность близка к плотности вещества в галактиках ( $10^{-24}$  г/см<sup>3</sup>)



## ОБРАЗОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ «БЛИНОВ»

После рекомбинации водорода возмущения нарастают. Когда они становятся достаточно большими, для описания их эволюции необходимо использовать нелинейную теорию гравитационной неустойчивости, развитую академиком Я. Б. Зельдовичем.

■

*Скопление галактик в созвездии Волосы Вероники. Очерчена область, излучающая в рентгеновском диапазоне. В этой области находится горячий газ, температура которого около 100 млн. градусов, а плотность  $5 \cdot 10^{-27}$  г/см<sup>3</sup>*

Эта теория приводит к весьма неожиданным выводам. Оказывается, в областях, где плотность высока, сжатие вещества происходило главным образом в одном направлении. В результате возникает плотное двумерное образование — «блин». На границе «блина» набегающий поток вещества резко тормозится, сжимается и нагревается в ударной волне. «Блин» быстро растет, увеличивая свою толщину и площадь. Его размеры, а также масса и температура газа в «блине» определяются фактически двумя параметрами — масштабом затухающих на линейной фазе развития возмущений и средней плотностью в момент образования «блина», которая связана с амплитудой начальных возмущений.

Любая теория происхождения галактик — теория статистическая. Начальные возмущения случайны, «блины» образуются постепенно в разных точках пространства и в разное время. Возникшие раньше «блины» имеют большую массу, большой размер, в них газ сильнее сжат и разогрет. Чем позже появился «блин», тем меньше его масса, плотность и температура. Наблюдения указывают, что средняя плотность Вселенной, по-видимому, очень мала. Поэтому начиная с некоторого момента гравитационное взаимодействие становится столь незначительным, что «блины» вообще перестают образовываться. «Блины», распадаясь, порождают наблюдаемые сегодня скопления, группы и отдельные галактики. Цент-



ральные части крупных, рано возникших «блинов» образуют гигантские скопления галактик. Мелкие «блинчики» и появившиеся позднее внешние части крупных «блинов» превращаются в галактики поля.

Несмотря на различие масс и размеров, в структуре всех «блинов» много общего. Прежде всего, в центральной плоскости «блина» температура газа сравнительно низка — не более тысячи градусов и, соответственно, высока плотность газа. Вдали от центра, напротив, плотность газа мала, а температура достигает миллиона градусов. Эта неоднородность структуры «блина» с течением времени усиливается, ибо более плотный и холодный газ остывает быстрее. «Блин» распадается на внутренний слой с температурой около 10 тыс. градусов и внешний с температурой около 1 млн. градусов.

Наружные части «блина» не успевают остыть до современной эпохи и, возможно, как горячий газ входят в состав скоплений галактик. Эти представления согласуются с наблюдениями: в некоторых скоплениях галактик зарегистрировано рентгеновское излучение горячего газа. Внутренние, остывшие до 10 тыс. градусов части «блина» дробятся на отдельные облака газа и одновременно на галактики. Остывание горячего газа сопровождается мощным ультрафиолетовым и рентгеновским излучением, которое тут же поглощается окружающим «блин» нейтральным газом. Вокруг «блина» возникает зона ионизованного газа, подобная зонам HII, окружающим горячие звезды. Видимо, в этот период появляются первые квазары, также играющие важ-

ную роль в фотоионизации газа. С течением времени весь газ, не вошедший в «блины», ионизируется их излучением. (Межгалактический газ способен ионизовать и квазары, если средняя плотность Вселенной не слишком высока.) Вероятно, поэтому в спектрах далеких квазаров нет никаких указаний на присутствие нейтрального водорода между галактиками.

#### ВРАЩЕНИЕ ГАЛАКТИК

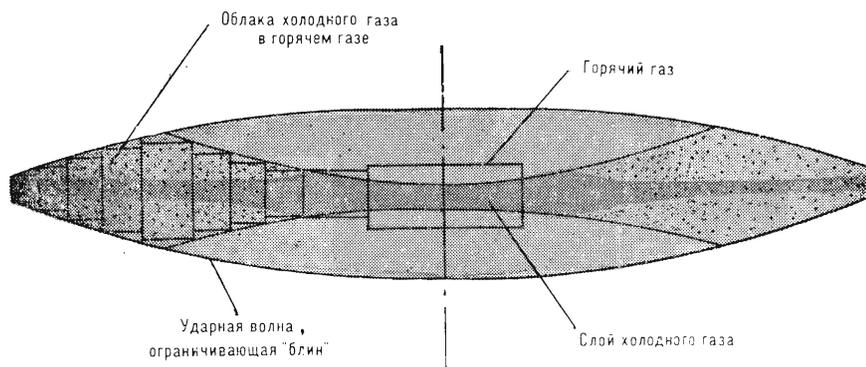
Долгое время считалось, что наблюдаемое вращение галактик свидетельствует о том, что и на догалактической стадии эволюции во Вселенной существовали вихревые движения. Между тем, согласно теории гравитационной неустойчивости, такие движения в расширяющейся Вселенной затухают. Для объяснения вращения галактик приходится допускать, что в догалактическую эпоху вихревые движения были очень мощными. Но тогда неизбежен отказ от космологической модели Фридмана. Потребуется новое решение всей совокупности космологических проблем и сложных задач эволюции неоднородностей на догалактической стадии расширения Вселенной.

В предлагаемой схеме образования галактик подобное, на первый взгляд естественное объяснение вращения галактик невозможно. Все движения на догалактической стадии должны быть безвихревыми. Но из гидродинамики хорошо известно, что в ударной волне могут возникать вихревые составляющие скорости. Таким образом, хотя вне «блинов» движение остается безвихревым, внутри них — в

сжатом газе — движение вихревое. В этом газе развивается турбулентность, которая приводит к образованию не единого слоя, а отдельных облаков холодного газа и к перемешиванию горячего газа с облаками холодного. Слой, занятый облаками холодного газа, из-за гравитационной неустойчивости распадается на отдельные галактики, причем их масса и момент вращения непосредственно связаны с толщиной слоя облаков. Она возрастает по мере удаления от центра «блина».

В центральной части «блина» вихревые скорости малы, поэтому турбулентные движения не увеличивают толщину слоя холодного газа. Здесь образуются в основном эллиптические галактики большой массы, обладающие в то же время малым вращением. Дальше от центра турбулентные движения становятся мощнее — облака холодного газа занимают более толстый слой. В этой области возникают преимущественно спиральные галактики. Еще дальше от центра, где уже и сам «блин» недостаточно мощный, формируются и менее массивные звездные системы.

Численные оценки теории согласуются как с наблюдающимися вращением галактик, так и с массами отдельных звездных систем. Не противоречит теории и тот факт, что наиболее массивные эллиптические и спиральные звездные системы входят в состав скоплений галактик. Но нельзя забывать, что теория образования галактик статистична. Поэтому среди спиральных галактик, вдали от центра «блина», могут встречаться эллиптические, а среди не входящих в скопления галактик поля могут по-



падаться и гигантские звездные системы.

Еще одно очень интересное следствие предлагаемой схемы: в момент формирования галактик их вещество было весьма неоднородно. Большая часть вещества галактик была собрана в отдельные плотные облака, распавшиеся впоследствии на звезды. Эти облака по своим параметрам близки к шаровым скоплениям звезд, которые обычно рассматриваются как древнейшие объекты нашей Галактики.

#### МОЖНО ЛИ УВИДЕТЬ ОТДЕЛЬНЫЙ «БЛИН»?

Предлагаемая теория образования галактик не противоречит современным экспериментам. Однако решающим, прямым ее подтверждением явилось бы, конечно, непосредственное наблюдение «блинсов». Это требует специальных сложных экспериментов.

Наиболее интересна возможность наблюдения холодной части «блина» в радиоизлучении нейтрального водорода с длиной волны 21 см. Большие угловые размеры «блина» и высокая яркостная температура излучения позволяют надеяться, что этим мето-

дом «блины» удастся обнаружить. Но из-за космологического расширения длина волны приходящего к нам излучения «блина» смещена, причем неизвестно насколько. Это сильно осложняет поиски «блинов», так как придется исследовать широкий спектральный интервал — от 40 см до 2 м.

Можно увидеть отдельный «блин» и на фоне квазара. В спектре этого квазара должны наблюдаться мощные линии поглощения, принадлежащие холодному газу «блина». Они смещены относительно линий, характерных для самого квазара. Вероятность, что «блин» спроецируется на квазар с большим красным смещением, невелика, однако и такую возможность необходимо иметь в виду.

Следы характерного «плоского» расположения галактик в «блине» могут быть выявлены при внимательном изучении распределения галактик на небе. Так, сплюснутая форма местного сверхскопления галактик, возможно, унаследована от «блина». Этот вопрос требует более тщательного изучения.

Предлагаемая теория образования галактик опирается на очень серьезные допущения — изотропию и однородность Вселенной, малость начальных возмущений. На первый взгляд для ранних этапов эволюции Вселенной более привлекательна картина хаоса, в которой существуют большие скорости, значительные не-

однородности плотности, гравитационные волны и др. Но наблюдения распределения и разбегания галактик, исследование свойств реликтового излучения указывают, что Метагалактика с хорошей точностью может быть описана однородной и изотропной моделью Фридмана. Эксперимент свидетельствует именно в пользу предположений, лежащих в основе описанной выше теории.

Широко распространено мнение, будто характерные значения параметров галактик и их скоплений отражают особенности неоднородностей, существовавших в догалактическую эпоху эволюции Вселенной. В предлагаемой теории, напротив, главную роль играют процессы, происходящие в «блинах» на нелинейной стадии развития возмущений. Развитие тепловой и гравитационной неустойчивости в «блине», появление и затухание мощных турбулентных движений, статистичность начальных возмущений — вот что приводит, согласно этой теории, к наблюдаемому разнообразию космических объектов: различных галактик, скоплений галактик, квазаров и др.

Теория разрабатывается, проводятся большие и сложные статистические расчеты, нужны более тщательные эксперименты. Но и уже полученные результаты убеждают нас в том, что теория образования и эволюции галактик может быть построена в рамках обычных представлений, без нарушения фундаментальных законов физики.

*Схематическое изображение «блина» с распавшимся на отдельные облака центральным слоем. Прямоугольниками очерчены будущие галактики*



Профессор  
Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

## Красное смещение в спектрах галактик и квазаров

**Какова природа больших красных смещений в спектрах квазаров: вызваны ли они расширением Метагалактики или другими неизвестными науке причинами!**

Исполнилось 70 лет со дня рождения и 50 лет научной, педагогической, популяризаторской и общественной деятельности профессора Московского университета, члена-корреспондента Академии педагогических наук СССР Бориса Александровича Воронцова-Вельяминова.

Список печатных трудов Б. А. Воронцова-Вельяминова включает 450 названий. Среди них — три капитальные монографии, пятитомный «Морфологический каталог галактик» и получивший высокую оценку специалистов «Атлас взаимодействующих галактик». Большинство его работ посвящено нестационарным звездам, туманностям и галактикам. Б. А. Воронцов-Вельяминов награжден премией имени Ф. А. Бредихина и медалью за открытие новых астрономических объектов.

Борис Александрович воспитал многих астрономов-специалистов и учителей астрономии. Он — автор учебника астрономии для средней школы и ряда учебных пособий для вузов, известный популяризатор астрономии. Его книгу «Очерки о Вселенной», изданную впервые 27 лет назад, хорошо знают любители астрономии.

Читатели и редакционная коллегия «Земли и Вселенной» сердечно поздравляют юбиляра и желают ему больших творческих успехов.

Происхождение звезд и галактик — острейшая проблема современной астрофизики. Существуют две прямо противоположные гипотезы, причем особенно ярые приверженцы нередко стараются уверить остальных, что их точка зрения уже победила бесповоротно, а противоположную будто бы никто не поддерживает. Одна гипотеза утверждает, что звезды и галактики образовались путем конденсации холодного диффузного вещества. Это вещество появилось в результате взаимодействия элементарных частиц, имевших очень большую энергию. Такую энергию они приобрели во время гигантского взрыва, породившего начальную Метагалактику. Согласно этим взглядам, Вселенная в прошлом была горячей. Обнаруженный радиоастрономами трехградусный реликтовый фон рассматривается как лучшее подтверждение теории горячей Вселенной. («Земля и Вселенная», № 3, 1969 г., стр. 4—11.— Ред.) Другая гипотеза предполагает, что звезды и галактики образовались путем фрагментации гипотетического сверхплотного вещества, продолжающейся и донине.

С проблемой происхождения звезд и галактик переплетается проблема квазаров — компактных объектов с огромной энергией излучения. Как известно, в спектрах квазаров все линии смещены в сторону красного конца спектра. Если, согласно эффек-

ту Доплера, считать, что красное смещение — результат удаления от нас объекта со скоростью, выраженной в километрах в секунду, то на каждый миллион парсек красное смещение возрастает примерно на 55 км/сек. Это позволяет по величине наблюдаемого красного смещения оценить расстояние до источника света, спектр которого мы изучаем. Такие красные смещения называются космологическими, ибо вызваны общим расширением Метагалактики. Если считать, что квазары находятся от нас очень далеко, на расстояниях, которые определяются большим красным смещением линий в их спектрах, то мощность их излучения необъяснима.

Если же допустить, что большие красные смещения в спектрах квазаров вызваны некосмологическими, а какими-либо другими причинами, то квазары могут оказаться близкими к нам объектами и мощность их излучения не будет столь велика. Но тогда мы вынуждены будем предположить, что в природе существуют еще неизвестные науке процессы. Это и вызывает горячий протест со стороны теоретиков. Однако многие наблюдатели, в том числе и автор этих строк, убеждены, что не все еще законы и явления природы познаны и столкнуться с непознанным тем вероятнее, чем к большим масштабам систем мы переходим. Этому учит нас история науки. Законы мира элементарных частиц, законы мира молекул, макротел и тел Солнечной системы различны, и ни одни из них нельзя было предвидеть, исходя из области применимости других законов. Это, конечно, не означает, что в



каждом непонятом явлении должны обязательно действовать неизвестные еще законы.

Среди сторонников некосмологической природы красных смещений в спектрах квазаров и американский астроном Х. Арп. Он полагает, что огромные красные смещения квазаров не характеризуют громадности расстояний до них. Квазары не так уж далеки, и проблема их энерговыделения разрешима, как разрешима она в ядрах галактик. Арп придерживается взглядов академика В. А. Амбарцумяна, который считает, что маленькие галактики могут выбрасываться из крупных. Арп попытался подтвердить это наблюдениями. Он обнаружил, что маленькие галактики иногда располагаются цепочкой, по одну или симметрично по обе стороны от крупной галактики. Квазары же, по мнению Арпа, тоже ассоциируются с пекулярными галактиками. Однако многие конфигурации, привлечшие внимание Арпа, носят, по-видимому, характер случайных проекций. Из этих недостаточно еще убедительных примеров и сопоставлений американский астроном делает фундаментальнейший вывод о том, что квазары — массивные компактные объекты, выбрасываемые из ядер некоторых галактик, и что они сравнительно близки к нам. Огромные красные смещения в их спектрах имеют неизвестную, некосмологическую природу. Такие выводы настолько противоречили принятым взглядам, что Арпу долго не удавалось опубликовать свои работы.

Между тем красное смещение в спектрах массивных компактных тел или звездных систем может быть вы-

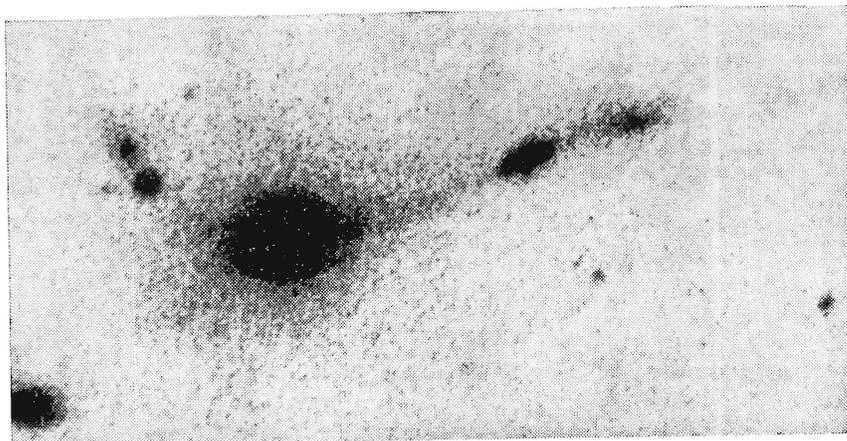
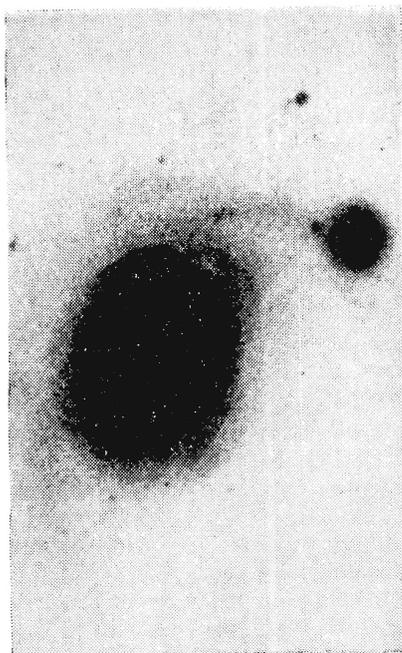
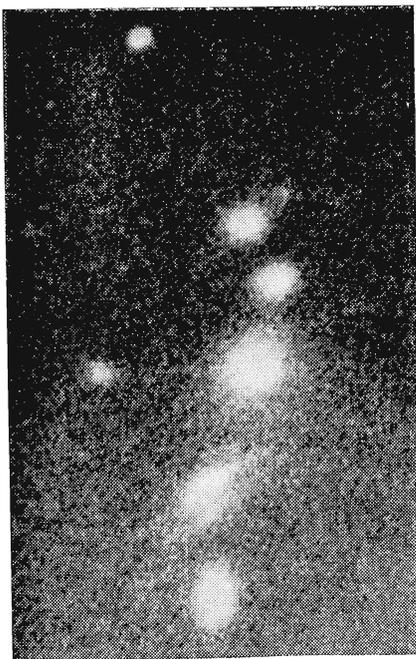
звано, как и у белых карликов, огромной силой тяготения на их поверхности. Такое красное смещение называется гравитационным. Оно становится достаточно большим в излучении лишь тех массивных объектов, размеры которых ненамного превосходят их гравитационный радиус. (Напомним, что гравитационный радиус определяется формулой  $r_g = \frac{2GM}{c^2}$ , где  $G$  — гравитационная постоянная,  $M$  — масса тела,  $c$  — скорость света.) Гравитационное красное смещение, предсказанное общей теорией относительности, не может достигать в галактиках значительных величин. Однако Ф. Цвикки получил указания в пользу того, что центральные области некоторых компактных галактик имеют гораздо большее красное смещение, чем периферические. («Земля и Вселенная», № 2, 1972 г., стр. 42.) Этот факт требует глубокого внимания.

Цвикки, а за ним и другие наблюдатели обнаружили также пары и группы галактик, которые видны на небе рядом, но, вопреки ожиданию, у одной из галактик красное смещение сильно отличается от остальных. Вообще говоря, эти галактики могут находиться от нас на различных расстояниях и лишь случайно проецироваться рядом на небесной сфере. Вероятность случайности такого совпадения очень мала и уменьшается по мере того, как открываются новые группы галактик, в которые входят объекты с различным красным смещением. Рекордно большое отклонение по красному смещению обнаружено у одной галактики в цепочке из пяти объектов, почти касающихся друг друга на фотографии. Их внеш-

ние короны, несомненно, перекрываются. В этой цепочке, обозначенной VV 172, лучевая скорость одной из галактик отличается от лучевых скоростей других на 21 000 км/сек!

В другой тесной группе галактик — квинтете Стефана — лучевая скорость самой большой галактики почти на 6000 км/сек меньше, чем остальных. Арп, исследовавший квинтет Стефана, считает, что все его галактики выброшены из расположенной вблизи гигантской спиральной галактики NGC 7331. Клочки светящегося газа, которые он обнаружил между этой галактикой и квинтетом, Арп рассматривает как подтверждение связи между ними. Однако светящийся газ может быть туманностью, которая находится в нашей Галактике и случайно проецируется на квинтет. Поэтому вопрос о квинтете Стефана все еще остается дискуссионным. («Земля и Вселенная», № 2, 1971 г., стр. 46—47; № 2, 1974 г., стр. 44—45.— Ред.)

Среди тесных групп галактик попадаются и такие, где реальная близость компонентов с различными красными смещениями не вызывает сомнений, так как объекты, не имеющие спиральных ветвей, соединены все же светящимися перемычками. Спутник, находящийся на спиральной ветви крупной галактики, — частный случай такой ситуации. У спиральной галактики NGC 4319 и ее звездобразного спутника — голубого объекта под номером 206 из списка Маркаряна — величины красных смещений различаются в 10 раз! По характеру спектра и по своему виду в телескоп объект Маркарян 205 сходен с квазарами, но сильно уступает им в светимости. Казалось бы, получено



■ Цепочка из пяти галактик, обозначаемая VV172 (обнаружена Б. А. Воронцовым-Вельяминовым). Реальна ли взаимная близость этих объектов, ведь лучевая скорость одной из галактик отличается от лучевых скоростей других на 21 000 км/сек

■ Спиральная галактика NGC 7469 связана со своим компактным спутником длинной перемишкой. Лучевая скорость спутника на 8000 км/сек больше, чем галактики

подтверждение о выбросе квазароподобного объекта из ядра спиральной галактики.

Слабые перемишки между галактиками и их спутниками Арп обнаружил, применяя в ряде случаев новую технику наблюдений. Он фотографировал галактики через светофильтры, выключающие спектральные линии, в

■ Эллиптическая галактика с двумя лучами, на которые «нанизаны» компактные галактики-спутники

которых светится ночное небо. Это позволило ему, не допуская вуали на фотоэмульсии, применять долгие экспозиции. При сложении нескольких негативов слабые детали становятся более заметными. Именно таким способом Арпу удалось получить фотографию короткой перемишки, связывающей галактику NGC 4319 с объектом Маркарян 205. В последнее время три группы наблюдателей не подтвердили существования перемишки. Приходится признать объект Маркарян 205 далекой N-галактикой, случайно проецирующейся возле близкой к нам спиральной галактики NGC 4319. Так, в результате активной полемики наблюдателей Арп в данном случае потерпел поражение. Однако другие примеры связанных между собой галактик с большим различием красных смещений остаются в силе.

От поисков близких друг к другу объектов с различным красным смещением Арп перешел к попыткам доказать, что вообще компактные спутники крупных галактик имеют большее красное смещение, чем сами галактики. Х. Арп и А. Стоктон продемонстрировали фотографии некоторых эллиптических и спиральных галактик, около которых по одну или обе стороны вытянулось несколько компактных карликовых спутников. Без сомнения, они связаны между собой. Арп установил, что из 19 спутников, заведомо связанных с галактиками, 15 имеют красное смещение немного большее, чем у галактики. В скоплениях галактик подобный эффект выражен, по словам Арпа, сильнее, и это он считает возможным подтверждением гипотезы автора



### **ПРИСУЖДЕНИЕ ЗОЛОТОЙ МЕДАЛИ ИМЕНИ А. С. ПОПОВА**

Президиум Академии наук СССР присудил золотую медаль имени А. С. Попова 1974 года академику **Владимиру Александровичу Котельникову** за фундаментальные исследования по теории связи и радиолокации планет.

В. А. Котельников — выдающийся советский ученый в области радиотехники, радиосвязи и радиоастрономии.

Им создана теория статистического обнаружения и различения сигналов — теория потенциальной помехоустойчивости. В его работах сформулирована и решена задача об оптимальной помехоустойчивости, введено понятие оптимального приемника и для ряда случаев найдена его структура, предложена четкая классификация помех и сигналов, исследована помехоустойчивость различных способов передачи информации.

Теория потенциальной помехоустойчивости принесла ученому мировое признание и широко используется при разработке новых средств связи, систем радиолокации, телеуправления и других радиоустройств. В. А. Котельников известен и как руководитель работ по созданию новых радиоэлектронных систем, способствовавших запуску первого в мире искусственного спутника Земли.

С именем В. А. Котельникова связано основание и развитие планетной радиолокации. По его инициативе и под его непосредственным руководством в Советском Союзе осуществлена радиолокация планет Венера, Марс, Меркурий, Юпитер.

«Вестник АН СССР», 8, 1974.

статьи о цепной фрагментации слишком массивных тел, начиная с квазаров. («Земля и Вселенная», № 4, 1970 г., стр. 62—63.— Ред.)

Финский астроном Т. Яакола в 1971 году подтвердил вывод Арпа о том, что, по-видимому, даже в обычных галактиках какие-то факторы, помимо космологического и, вообще, деплеровского эффекта, смещают линии спектра в сторону больших длин волн. Конкретно, Яакола нашел, что в скоплениях красное смещение у эллиптических галактик меньше, чем у спиральных. Еще раньше, в скоплении галактик в созвездии Девы Ж. Вокулер получил различие в лучевых скоростях между эллиптическими и спиральными галактиками до 570 км/сек. Однако последующие работы показали, что это различие было вызвано систематическими ошибками, так как при измерении красных смещений у спиральных галактик обычно используются яркие линии спектра, у эллиптических — линии поглощения.

Редакция журнала «Nature» («Природа») в одной из своих передовых статей писала, что в 1966 году первому сообщению Арпа о существовании некосмологических красных смещений не поверили. Однако, «вопреки теории, наблюдения умножают свидетельства того, что в ряде случаев истинные расстояния оказываются меньше, чем определенные по величине красного смещения... Отчего же красное смещение может быть различно у галактик одинакового, по-видимому, состава и на одинаковом расстоянии от нас? Либо обычная физика в некоторых еще неизвестных нам моделях элементарных частиц или плазмы не способна дать избыточ-

ные величины красного смещения, либо физические явления в некоторых местах и в некоторое время не таковы, как в уже изученных местах».

Для объяснения больших красных смещений в спектрах квазаров предлагались и другие гипотезы. Одна, например, утверждала, что линии в спектрах квазаров отождествлены ошибочно, поэтому истинные смещения в их спектрах иные, чем считается. Предполагалось также, что большие смещения линий в спектрах квазаров — следствие огромной силы тяжести на них, но это сомнительно, как мы уже отмечали выше.

Некоторые явления, открываемые Арпом и другими наблюдателями (число которых растет!), получают подтверждения. Однако убеждение в том, что расстояния квазаров являются космологическими и что галактики сгущаются из газа, преобладает. Соревнование в изучении и объяснении фактов продолжается с переменным успехом, и защитников «еретических» воззрений становится все больше, хотя взгляды их часто расходятся. Это показывает, что растет неудовлетворенность прежними воззрениями и стихийные поиски других возможностей все же могут привести к ряду новых представлений в астрофизике. Мы живем в интересную эпоху создания новой картины Метагалактики — в эпоху приближающегося синтеза старых и новых данных и представлений.



Кандидат физико-математических наук  
Б. В. КОМБЕРГ

## Есть ли звезды в компактных радиогалактиках и квазарах?

### ПОЧЕМУ ВАЖНА КЛАССИФИКАЦИЯ

Квазары и N-галактики — далекие компактные объекты. Для них характерны мощное нетепловое излучение в широком диапазоне длин волн, переменность излучения за время порядка нескольких недель и даже дней, а бывает, что и нескольких лет, очень широкие линии излучения в спектрах, свидетельствующие о скоростях движения газа в тысячи километров в секунду! Правда, N-галактики раз в 10 менее мощные источники, чем квазары. Радиоконпоненты, связанные с N-галактиками, своей двойственной структурой похожи на радиоконпоненты около квазаров, однако в среднем они более протяженные (иногда до сотни килопарсек). И особенно обращает на себя внимание то, что изображения N-галактик, полученные на крупнейших телескопах, напоминают ядрышко с туманной красноватой оболочкой, а изображения «настоящих» квазаров практически точечные.

Все эти различия между N-галактиками и квазарами достаточно условны. Но на основании этих различий ряд объектов, которые сперва считались квазарами, впоследствии стали причислять к N-галактикам или компактным галактикам. Среди них оказался даже один из самых первых открытых «квазаров» 3C 48. Вокруг него американские астрономы А. Сендидж и В. Миллер обнаружили протяженную красноватую оболочку. Она слегка вытянута с севера на юг двумя изогнутыми отростками, причем сам «квазар» лежит на 15 кпс севернее центра туманности.

Конечно, относя по тем или иным

**Квазары... N-галактики... галактики с активными ядрами... Можно ли считать эти удивительные объекты гигантскими звездными системами с необычно активными ядрами или же в некоторых из них вовсе нет звезд!**

признакам тот или иной объект к квазарам, N-галактикам или компактным галактикам, астрономы руководствуются не просто желанием «перемены мест». За небольшими на первый взгляд различиями в свойствах объектов могут скрываться очень важные для понимания их природы особенности. Эти особенности помогают в конечном итоге определить место каждого объекта в общем ряду типов метагалактического населения, а может быть, и выявить эволюционную связь между ними.

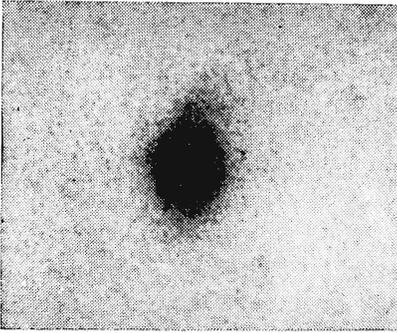
### ПОИСКИ ЗВЕЗД В КОМПАКТНЫХ ОБЪЕКТАХ

Если бы астрономы сумели ответить на один-единственный вопрос, есть ли звезды в N-галактиках и квазарах, эти объекты во многом лишились бы своего ореола загадочности. Ведь тогда астрономы смогли бы определить их возраст и наметить возможные пути их эволюции. Но как обнаружить звезды в объектах, которые в самые крупные телескопы выглядят почти точечными?

О звездах можно судить по виду непрерывного спектра объекта. Тепловое излучение звезд должно накладываться как «горб» на плавное спадающее к высоким частотам не-

тепловое излучение. И действительно, такие «горбы» удалось найти в оптическом спектре некоторых N-галактик и квазаров. Максимум излучения «горбов» соответствует температуре около 15 000° K, а наблюдаемую интенсивность можно объяснить, допустив, что в этих объектах находятся сотни миллионов горячих звезд-гигантов. Эффект «горбов» более четко должен проявляться в периферийных областях N-галактики или квазара, где нетепловое излучение ослаблено. Это хорошо заметно при фотографировании, например, сейфертовских галактик через диафрагмы разных размеров. Непрерывные спектры внутри больших диафрагм (поперечник несколько секунд дуги), вырезающих лишь ядро сейфертовской галактики, имеют явно нетепловой характер. Если шире открывать диафрагму, то все больше становится вклад теплового излучения звезд, что сразу отражается на виде непрерывного спектра. Нетепловое излучение N-галактик, сейфертовских галактик и квазаров переменно. Эти объекты меняют свою яркость иногда в десятки раз на протяжении нескольких месяцев. И в те периоды, когда нетепловое излучение минимально, звездная компонента должна выявляться с большей надежностью. Советский астроном В. М. Лютый обнаружил некоторую аномалию в спектрах N-галактик 3C 120 и IIZw 136 (объект под номером 136 из II каталога Цвикки), пока галактики находились в минимуме блеска. Эту аномалию можно интерпретировать как увеличение вклада звездной компоненты при ослаблении нетеплового излучения.

Звезды в N-галактиках и квазарах



можно, в принципе, обнаружить и по характерным «звездным» линиям и полосам поглощения в спектре, например по линиям H и K однажды ионизованного кальция с длинами волн 3968 и 3934 Å, соответственно, или полосе железа вблизи 4300 Å. Такие линии поглощения как будто бы встречаются в спектрах некоторых компактных объектов. Однако из-за слабости линий отождествление их не очень надежно и требует подтверждения.

Наконец, в спектрах N-галактик и квазаров открыты линии тяжелых элементов (вплоть до хрома). Это открытие косвенно свидетельствует о том, что N-галактики и квазары проходили стадию бурного звездообразования. Массивные звезды, относительно быстро проэволюционировав, могли стать поставщиками тяжелых элементов в газовую компоненту N-галактик и квазаров. Однако не исключено, что отождествление многочисленных слабых линий поглощения в спектрах квазаров с линиями ионов тяжелых элементов окажется ошибочным. Может случиться, что в сверхмассивных и компактных ядрах галактик и квазаров, обладающих довольно сильным магнитным полем, тяжелые элементы появились в результате каких-то ядерных реакций, минуя стадию бурного звездообразования.



«Квазар» 3С 48 (негатив). На фотографии, полученной на 5-метровом телескопе, видна протяженная (30×60 кпс) оболочка, которая окружает «квазар»

Итак, до недавнего времени у астрономов не было твердой уверенности в том, что в N-галактиках и квазарах имеются звезды.

#### N-ГАЛАКТИКИ — ЯДРА ГИГАНТСКИХ ЗВЕЗДНЫХ СИСТЕМ

В 1970 году А. Сендидж с сотрудниками приступил к изучению двенадцати N-галактик из ЗС-каталога радиисточников. Он исследовал их излучение в четырех диапазонах спектра через шесть различных по размеру диафрагм. Оказалось, что излучение N-галактик можно представить в виде двух компонентов: голубого компактного, совпадающего с центром галактики («мини-квазар»), и красноватого протяженного. При малых диафрагмах в излучении N-галактики во всех спектральных диапазонах доминирует «мини-квазар». При больших диафрагмах вклад обоих компонентов в видимых лучах примерно одинаков.

Какова природа компонентов из которых складывается излучение N-галактик? Центральный голубой компонент, — очевидно, активное ядро, превосходящее по интенсивности излучения ядра сейфертовских галактик, но уступающее квазарам (отсюда приставка «мини»). Протяженный красноватый компонент есть не что иное, как обширная звездная система. Это подтверждается, по мнению Сендиджа, двумя фактами. Во-первых, распределение яркости и цветовых характеристик от центра N-галактики к периферии такое же, как у гигантских сфероидальных галактик, мощно излучающих в радиодиапазоне. Во-вторых, после вычитания из суммарного излучения N-галактик незвездного из-

лучения «мини-квазара» эти объекты хорошо ложатся на диаграмму «красное смещение — видимая величина», построенную для радиогалактик. Таким образом разрешаются все сомнения в космологическом происхождении красных смещений в спектрах N-галактик.

А. Сендидж предполагает, что и квазары — сверхмощные ядра гигантских звездных сфероидальных систем, излучение которых в оптическом диапазоне совершенно теряется на фоне излучения самого квазара. Один из его сотрудников Дж. Кристиан попытался доказать это предположение. Ход его рассуждений был таким. Если гипотетическая звездная система, окружающая квазар, подобна гигантским сфероидальным галактикам, то, определив по красному смещению расстояние до квазара, можно оценить и наблюдаемые угловые размеры этой звездной системы. Сендидж получил простую зависимость между красным смещением  $z$  и угловыми размерами  $\theta$  эллиптических галактик:  $\theta'' = 0,86/z$ . При красном смещении 0,1 средние размеры гипотетической звездной системы, окружающей квазар, составляют несколько угловых секунд. На фотографии такую область вокруг квазара можно заметить лишь в том случае, если яркость самого квазара не слишком велика, иначе «пятно засветки» от квазара превзойдет видимые размеры предполагаемой звездной системы. Задача, таким образом, сводится к тому, чтобы сфотографировать с хорошим угловым разрешением не очень далекие (видимый угловой размер больше!) и не очень яркие квазары.



### **ПРИСУЖДЕНИЕ ПРЕМИИ ИМЕНИ А. С. ПОПОВА**

Президиум Академии наук СССР присудил премию имени А. С. Попова в размере 1500 рублей члену-корреспонденту АН СССР Всеволоду Сергеевичу Троицкому за цикл работ по исследованию радиоизлучения и природы Луны.

Исследования в этой области проводились В. С. Троицким с 1950 года. В результате разработки и использования оригинальных радиотелескопов и прецизионного метода измерения слабых сигналов — метода «искусственной Луны» — получены наиболее точные данные о спектре радиоизлучения Луны в широком диапазоне длин волн, о его зависимости от фазы лунаций и затмений. Ученым создана детальная теория радиоизлучения Луны и предложены способы измерения свойств и структуры ее верхнего слоя.

Выполненные В. С. Троицким работы позволили определить физические свойства и тепловой режим слоя лунного вещества в несколько метров толщиной, твердопористый характер его структуры. Был обнаружен и измерен тепловой поток из глубины нашего естественного спутника и таким образом впервые экспериментально доказано существование у него горячих недр.

Методы В. С. Троицкого широко применяются для изучения планет наземными средствами, с искусственных спутников планет и межпланетных станций, а также для изучения Земли из космоса.

«Вестник АН СССР», 8, 1974.

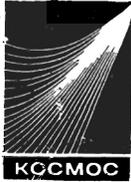
Подобные гипотезы допускают существование протяженных звездных систем вокруг квазаров.

Сходство некоторых свойств квазаров и ядер галактик свидетельствует в пользу гипотез, связывающих квазары с какой-то стадией в развитии ядер, причем не любого типа галактик, а лишь гигантских сфероидальных систем, которые только и наблюдаются как мощные радиоисточники. Вероятнее всего, феномен квазара возникает в центральных областях гигантских сфероидальных систем. Пока не ясно, находят ли эти сфероидальные системы на дозвездной стадии (стадия протогалактики) или стадии, когда звездообразование в основном уже закончилось. Если вокруг квазаров удастся найти большие массы ( $10^{11}$ — $10^{12}$  солнечных) ионизованного газа, значит, мы имеем дело с протогалактиками. Но тогда придется объяснить, почему они «задержались» в таком состоянии, в то время как большинство наблюдаемых галактик давно прошло эту стадию. Если же вокруг квазара будут найдены протяженные звездные системы (как в N-галактиках), то квазар — это явление в звездной системе, и тогда возникнет вопрос об эволюционной связи между звездными системами с квазаром, и без него.

Открытие Сендиджем мощной звездной компоненты в N-галактиках сразу поставило эти объекты в ряд давно известных и уже привычных гигантских звездных сфероидальных систем, позволив все необычные свойства N-галактик отнести не ко всему объекту в целом, а только к его ядру. Есть ли звезды в квазарах — покажут будущие исследования.

И вот Кристиан выбрал двенадцать квазаров, у которых видимые размеры предполагаемой звездной системы должны быть не меньше, чем «пятно засветки» на фотографии, полученной на 5-метровом телескопе. У четырех квазаров он обнаружил протяженную структуру, у четырех других такая структура, вероятно, тоже имеется. На основании этих данных Кристиан сделал вывод, что предположение о существовании вокруг квазаров протяженных звездных систем подтвердилось. На наш взгляд, результаты Кристиана лишь укрепили мнение о том, что N-галактики — гигантские звездные системы, ибо все восемь «квазаров», исследованные Кристианом, скорее всего являются N-галактиками, ибо для квазаров они слабоваты.

Многочисленные гипотезы, пытающиеся объяснить происхождение квазаров, допускают как существование вокруг них протяженных звездных систем, так и вовсе этого не требуют. Например, в одной гипотезе квазар считается особым видом метагалактического населения, напоминающим компактные галактики; в другой — фазой зарождения ядра в сфероидальной системе, находящейся на дозвездной стадии. Согласно этим гипотезам, окружение квазара обширной звездной системой не обязательно, хотя компактная звездная составляющая в квазарах не исключается. Есть гипотезы, предполагающие, что квазар — либо кратковременная стадия (начальная или конечная) в эволюции сфероидальных галактик, либо кратковременная стадия (начальная, конечная или повторяющаяся) в эволюции ядер сфероидальных галактик.



Доктор географических наук  
К. П. ВАСИЛЬЕВ

## СПУТНИКОВЫЕ МИКРОВОЛНОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

### ИЗУЧЕНИЕ МОРСКОГО ЛЬДА СО СПУТНИКОВ

Обычно на ИСЗ используют фотометрическую аппаратуру. Благодаря оптической системе измеряют освещенность поверхности Земли и на полученных снимках отмечают районы моря, покрытые льдом. По структуре облачного покрова судят и о штормовом волнении, а по цвету поверхности океана — о ее температуре. («Земля и Вселенная», № 1, 1970 г., стр. 40—43.— Ред.)

Оптический метод достаточно нагляден, дает неплохую точность наблюдений ледовой обстановки, но его применимость ограничена. Ведь фотографировать можно только в светлое время суток и в безоблачную погоду. Что касается оптической аппаратуры, работающей в инфракрасном участке спектра, то ее чувствительность к вариациям потока теплового излучения от воды и льда невелика, так как разность температуры этих подстилающих поверхностей очень незначительна. Поэтому яркие характеристики инфракрасного изображения (снимка) сглажены и распознать морской лед на снимке довольно трудно.

А что если для геофизических исследований использовать методы, применяемые в радиоастрономии? В настоящее время радиоастрономия использует тепловое радиоизлучение небесных тел (планет, звезд) для изучения свойств их поверхности. Атмосфера Земли практически прозрачна для радиоволн в весьма широком диапазоне частот, и ни облака, ни осадки не мешают радиоволнам. О принципиальной возможности об-

**Информация о морском льде, получаемая ИСЗ с помощью радиометрической аппаратуры при любой погоде и времени суток, открывает большие возможности в оценке ледовых условий.**

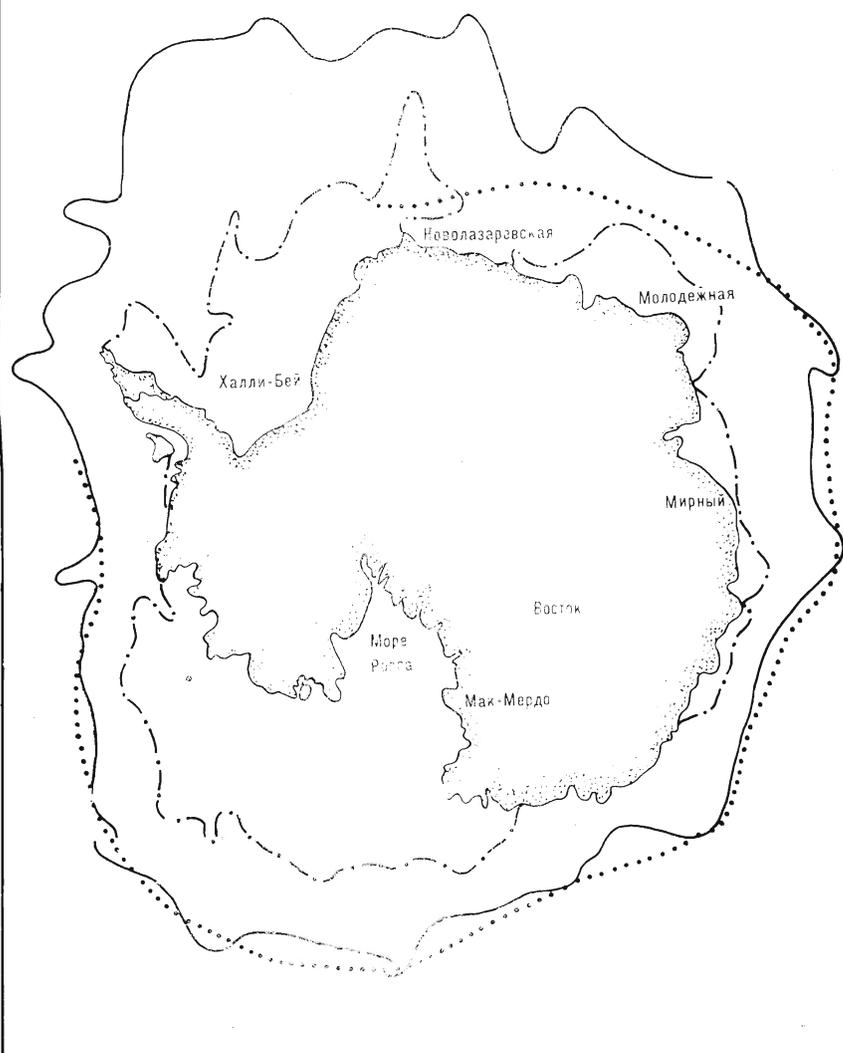
наружения плавучих льдов радиометрическим методом упоминали американские ученые Т. Селинг и Д. Нансе в 1961 году. Этот метод основан на регистрации уходящего собственного теплового радиоизлучения Земли в микроволновом диапазоне.

Микроволновое излучение морского льда, в общем случае, зависит от его излучательной способности и температуры. Эти характеристики, в свою очередь, определяются соленостью и плотностью льда, его толщиной и шероховатостью поверхности (количество торосов). Важны также условия измерений — длина волны радиоизлучения, угол зондирования и т. д. Обнаружить лед таким методом можно благодаря большому контрасту в излучательной способности льда и открытой водной поверхности. Радиометрическая аппаратура, установленная на ИСЗ, четко фиксирует контрасты радиоизлучения воды и льда. По этим данным вполне уверенно выделяют даже зоны с различной сплоченностью. Правда, в обычной ледовой авиаразведке наблюдатель визуально оценивает сплоченность с точностью до одного балла, а радиометры пока дают возможность определять лишь три градации сплоченности: 0—3; 4—6; 7—10 баллов. Однако радиометрический

метод позволяет наблюдать и через облака, и в любое время суток.

23 сентября 1968 года на ИСЗ «Космос-243» (максимальное удаление от поверхности Земли — 319 км, минимальное — 210, наклон орбиты — 71°, 3, обращение около 90 минут) был выполнен эксперимент по измерению радиоизлучения морского льда. Эксперимент показал, что по профилю теплового излучения можно надежно фиксировать границу перехода от свободной поверхности океана или моря к участкам, покрытым льдом различной сплоченности. Кроме того, различаются кромки дрейфующего и неподвижного льда, а также границы дрейфующих ледяных полей.

Точность определения границ припая и дрейфующих льдов радиометрическим методом при измерениях на одной длине волны зависит в основном от чувствительности радиометра и состояния водной поверхности. При спокойной морской поверхности, умеренном волнении (до 3 баллов) и максимальной чувствительности радиометра, величина погрешности в определении сплоченности составляет 5% (0,5 балла). При шторме более 3 баллов, когда на поверхности моря появляются барашки и пена, излучательная способность которых близка к излучательной способности ледового покрова, точность определения кромки льда во много раз хуже. Тогда необходимо проводить синхронное зондирование как минимум на двух длинах волн. При этом по спектральной зависимости микроволнового излучения от состояния морской поверхности во время шторма есть возможность значительно повысить точность обнаружения дрей-



фующих льдов и кромки припая. Труднее отыскивать полыньи — их размеры часто существенно меньше, чем размеры разрешающего пятна радиометра.

Для оценки надежности измерений в микроволновом диапазоне с ИСЗ «Космос-384» (был запущен 10 декабря 1970 года, максимальное удаление от поверхности Земли — 314 км, минимальное — 212 км, наклон орбиты —  $72^{\circ},9$ , период обращения — 89,5 мин.) использовались данные телевизионной съемки со спутника «Метеор-10», полученные за первую и вторую декады декабря 1970 года в прибрежных районах Антарктиды. Опыт работы с телевизионными снимками показывает, что по яркости изображения в безоблачную погоду можно надежно установить границы различных форм льда, а также прибрежные полыньи и разводья. Облачный покров во время съемки полностью экранирует подстилающую поверхность. При сравнении заметное отклонение положения кромки льдов, зафиксированное на телевизионных

■  
*Телевизионные снимки ледового покрова у побережья Антарктиды, полученные с метеорологического спутника «Метеор-10» (I и II декады 1970 года)*

■  
*Ледовая карта Антарктики, составленная по атласу (границы дрейфующих льдов обозначены линией с точкой), по данным микроволновых измерений с ИСЗ «Космос-384» (сплошная линия), а также по данным телевизионной съемки со спутника «Метеор-10» (точечная линия)*

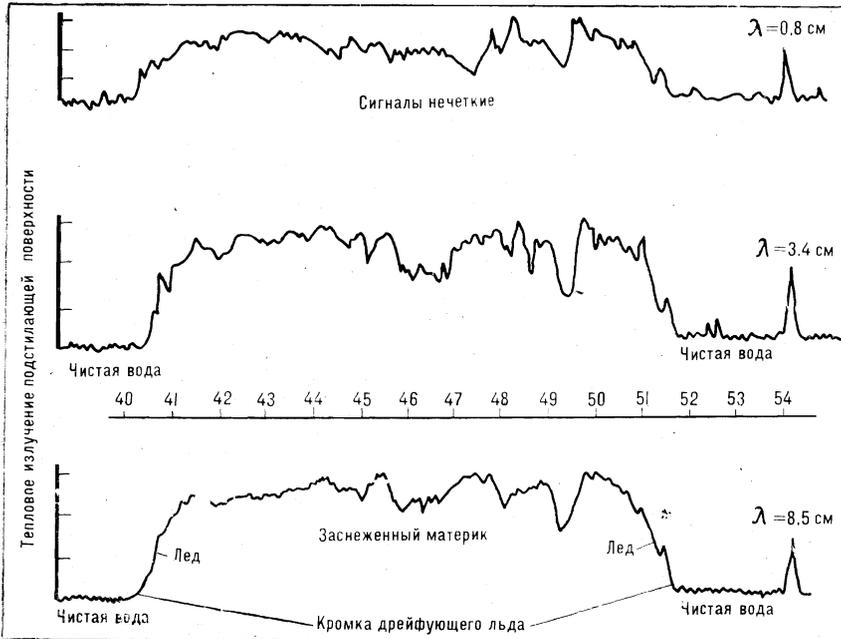
Доктор физико-математических наук  
Ю. И. ЛОГАЧЕВ

## Космические лучи

Из многочисленных проблем солнечно-земных связей здесь обсуждается лишь природа потоков космических лучей в ближайших окрестностях Земли, за пределами ее магнитосферы.

### ЧТО ТАКОЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

Космическое пространство пронизывается быстрыми заряженными частицами — ядрами атомов водорода и других элементов — космическими лучами. Большинство из них движется со скоростями, близкими к скорости света. Галактические космические лучи приходят из глубин Галактики, солнечные — от Солнца. На уровне моря поток космических лучей очень мал. Однако по мере подъема над земной поверхностью он сначала очень медленно, затем быстро возрастает и достигает некоторой постоянной величины, характеризующей первичное космическое излучение. Возрастание же потока при входе в земную атмосферу происходит из-за размножения первичных частиц при их взаимодействии с атомами и ядрами атомов атмосферы. Первичная частица с большим запасом энергии, сталкиваясь с ядром какого-либо атома, может дать от одной до 100 и более вторичных частиц, которые в свою очередь могут поглотиться в атмосфере или дать еще несколько вторичных частиц и т. д. До высот 20 км преобладают процессы размножения, ниже — процессы поглощения частиц. На земной поверхности первичных частиц практически нет, есть только вторичные, но и их поток в 30 раз меньше потока первичных за пределами ат-



снимках, от границы льдов по микроволновым измерениям в районе между мысом Лазарева и морем Космонавтов объясняется облачным покровом. В остальных районах Антарктики по данным телевизионных и микроволновых измерений положения кромки льдов достаточно хорошо согласуются между собой. Наблюдаемые расхождения вызваны, очевидно, несинхронностью наблюдений.

Таким образом, анализ результатов микроволновых измерений с ИСЗ «Космос-384» с привлечением данных телевизионной съемки со спутника «Метеор-10» подтверждает возможность получения надежной информации о ледовой обстановке в полярных районах практически в любых метеорологических условиях. Чтобы повысить детализацию ледовых карт и сократить время наблюдений в дальнейшем, очевидно, целесообразно для ледовой разведки использовать на борту ИСЗ сканирующие микроволновые радиометры вместе с инфракрасной и телевизионной аппаратурой.

*Профили теплового излучения подстилающей поверхности Антарктиды и прилегающих районов, полученные с ИСЗ «Космос-384»*



мосферы. На уровне высоких гор первичных частиц вполне достаточно, но все они идут в сопровождении свиты вторичных, так что выделить из большого числа вторичных первичную частицу просто невозможно. Этим и объясняется стремление ученых при исследовании космических лучей поднимать приборы в верхние слои атмосферы на шарах-зондах и больших баллонах или использовать спутники Земли.

Почему космические лучи привлекают столь пристальное внимание? Дело в том, что изучение космических лучей давало возможность ответить на ряд актуальных вопросов из двух совершенно различных областей знания, относящихся к астрофизике и физике микромира. Отсюда и два направления исследований космических лучей — космофизическое и ядернофизическое. Оба интенсивно развиваются, причем наблюдения за пределами земной атмосферы или в открытом космосе имеют существенные преимущества перед наземными. Причиной тому — возможность непосредственного изучения первичных частиц.

### ГДЕ И КАК «ЖИВУТ» КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ?

Область существования космических лучей до их прихода в окрестности Земли — межзвездное и межпланетное пространство. Для космических лучей прежде всего важно присутствие в межпланетном пространстве электрических и магнитных полей, а потом уже — состав и состояние межпланетной материи. Плотность вещества в межпланетном

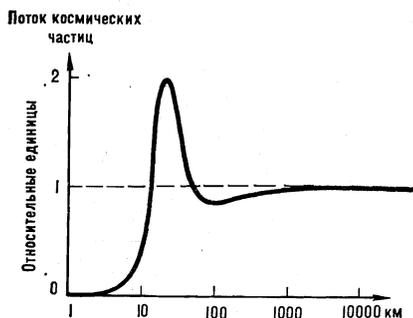
пространстве очень мала: в среднем содержится около 0,1 частицы в  $1 \text{ см}^3$ . Поэтому космическая частица, пересекающая Солнечную систему по диаметру, пройдет путь, эквивалентный всего лишь  $10^{-7}$ — $10^{-6}$  см в воздухе при давлении 1 атм. На таком пути частица не изменит ни своей энергии, ни направления движения.

Другое дело — электрическое или магнитное поле. Эти поля даже небольшой напряженности могли бы оказывать существенное влияние на движение частиц вследствие своих больших размеров. Однако статического электрического поля в межпланетном пространстве нет, а вот магнитное поле существует. На орбите Земли (на расстоянии 1 а. е. от Солнца) напряженность магнитного поля 5 гамм ( $1 \text{ гамма} = 10^{-5} \text{ гс}$ ). По мере удаления от Солнца она уменьшается обратно пропорционально расстоянию. Так, на орбите Юпитера (5 а. е. от Солнца) напряженность около 1 гаммы, а на далеких окраинах Солнечной системы магнитное поле равняется по величине межзвездному магнитному полю. Здесь и проходит граница между солнечным и межзвездным магнитными полями. Дальше заряженные частицы уже не будут испытывать влияния Солнца.

Заряженная частица в магнитном поле движется по винтовой линии или, в частном случае, по окружности, радиус которой определяется энергией частицы и напряженностью магнитного поля. Наибольшее число частиц космических лучей имеет энергию около  $10^9$  эв, и в поле 5 гамм радиус такой окружности, получивший название ларморовского, составит 0,01 а. е., то есть в масштабах Солнечной

системы космические частицы можно считать привязанными к силовым линиям магнитного поля. Однако силовые линии не бывают плавными, они претерпевают изломы, закручиваются в петли, а иногда в запутанный клубок. Поэтому частица «воспринимает» магнитное поле, как некоторую рассеивающую среду, где происходит диффузия из области пространства с большой плотностью частиц в область с меньшей плотностью. В результате диффузии через некоторое время установится равномерное распределение частиц космических лучей и их направление движения станет равновероятным — возникнет изотропное угловое распределение частиц космических лучей. Именно такая картина в первом приближении и наблюдается на орбите Земли. Однако при ближайшем рассмотрении все оказывается более сложным. Ведь магнитные поля в Солнечной системе движутся, перемещаясь от Солнца. Это перемещение обусловлено солнечным ветром, или солнечной плазмой, непрерывно вытекающей из Солнца. Ее скорость на расстоянии 1 а. е. от Солнца равна 300—400 км/сек. Солнечный ветер постоянно, непрерывно выносит из Солнечной системы магнитное поле, которое «выталкивает» космические лучи или препятствует их проникновению из межзвездного пространства в глубь Солнечной системы.

Потоки солнечной плазмы и магнитного поля испытывают вариации в течение 11-летнего цикла солнечной активности, усиливаясь в годы максимума и ослабляясь в годы минимума. Интенсивность космических лучей также изменяется с 11-летним цик-



лом: в минимуме солнечной активности орбиты Земли достигает в 2,5—3 раза больше частиц, чем в максимуме. На некотором расстоянии от Солнца поток космических лучей будет такой же, как и в межзвездном пространстве. Здесь проходит граница области, где возможна модуляция космических лучей. В 1973 году эта граница лежала за орбитой Юпитера, что следует из результатов полета космического аппарата «Пионер-10». Этот полет показал, что на пути от Земли до Юпитера поток космических лучей продолжает постепенно, хотя и очень медленно, увеличиваться. Однако 1973-й год был годом, близким к минимуму солнечной активности, а в годы максимума активности область модуляции космических лучей должна отодвигаться еще дальше от Солнца.

#### КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ ОТ СОЛНЦА

В межпланетном пространстве присутствуют частицы двух видов: галактические и солнечные. Для энергий, больших 10—20 Мэв, преобладают частицы галактического происхождения, для меньших энергий — солнечного. В спокойные периоды солнечных частиц мало, а во время хромосферных вспышек генерируется такое большое число энергичных частиц, что их поток начинает преоб-

ладать над потоком галактических космических лучей даже в области высоких энергий, иногда до 10—100 Гэв (1 Гэв =  $10^9$  эв). Эти частицы находятся в Солнечной системе несколько суток, постепенно вылетая из нее в межзвездное пространство.

Солнечные космические лучи после хромосферной вспышки достигают окрестностей Земли, как правило, через 0,5—1 час, и приборы регистрируют их увеличение иногда в 1000 и более раз. Затем начинается период постепенного уменьшения интенсивности солнечных частиц. Они растекаются по все большему объему в Солнечной системе и постепенно выходят за ее пределы. Такое поведение потоков солнечных частиц хорошо описывается диффузионной теорией. Для многих вспышек зависимость потока частиц от времени, рассчитанная по уравнениям диффузии, показывает хорошее согласие теории с экспериментом. Однако не все вспышки на Солнце дают частицы, распространяющиеся в соответствии с диффузионной теорией. Бывают случаи, когда частицы от Солнца идут, нависая на гладкие силовые линии, почти без рассеяния. Тогда приборы регистрируют большую анизотропию потоков солнечных частиц в течение нескольких часов, а иногда до суток. Затем поведение частиц «нормализуется»: вступают в игру рассеивающие центры, и потоки становятся изотропными.

Почему магнитные силовые линии «запутываются»? Дело в том, что при солнечной вспышке происходит выброс в межпланетное пространство усиленных потоков плазмы, скорость солнечного ветра возрастает резко

и неравномерно, силовые линии магнитного поля тоже начинают перемещаться быстро и неравномерно, что и приводит к их «запутыванию». На больших расстояниях от Солнца такая картина существует постоянно, так как на далекие окраины Солнечной системы силовые линии приходят спустя несколько месяцев после их выноса из Солнца. Ближайшая к Солнцу область с запутанным полем расположена где-то между орбитами Марса и Юпитера. Эта область служит как бы отражающей стенкой для частиц, испущенных Солнцем, поэтому иногда частицы идут от Солнца до «стенки» и лишь затем попадают в регистрирующий прибор.

Плазменные потоки, извергаемые во время хромосферных вспышек, вызывают на Земле сильные магнитные бури, которые сопровождаются глубокими понижениями интенсивности галактических космических лучей (Форбуш-эффекты) и наблюдаются не только на спутниках, но и на поверхности Земли. Такие понижения интенсивности происходят по той же причине, что и 11-летние вариации интенсивности космических лучей, а именно — в результате выметания заряженных частиц мощными потоками солнечной плазмы с интенсивными магнитными полями. По мере перемещения в пространстве в головной части этих потоков образуется ударная волна с участком усиленного магнитного поля, представляющего собой своеобразную магнитную стенку, сквозь которую не могут проникнуть заряженные частицы.

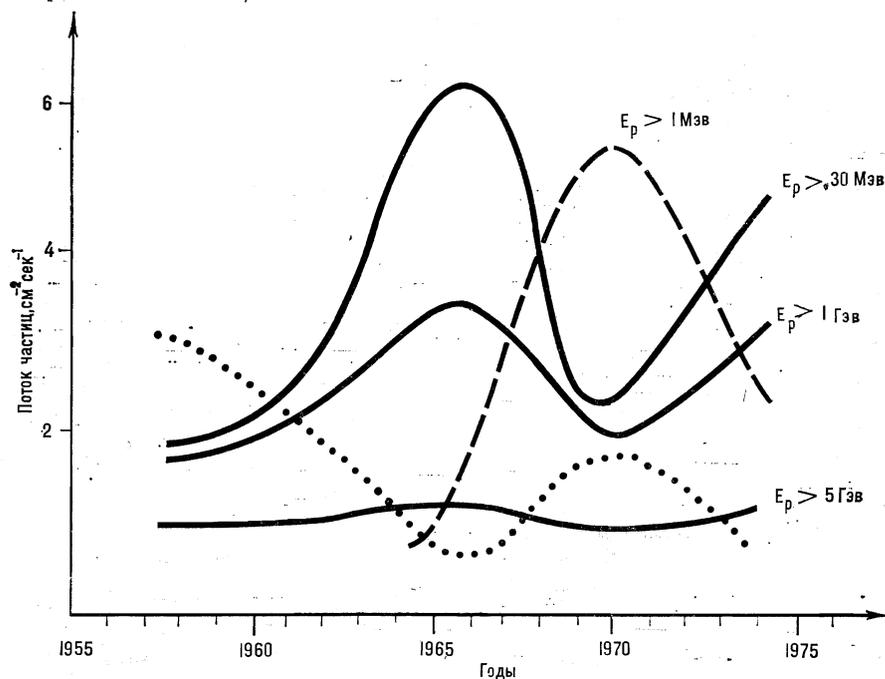
Форбуш-эффекты галактических космических лучей во время сильных потоков солнечных частиц лучше все-

*Запись потока заряженных частиц при подъеме счетчика над поверхностью Земли. До 30—35 км измерения проводятся на шаро-зондах, выше — на ракетах и спутниках. За единицу принят поток частиц за пределами земной атмосферы*

го наблюдать для частиц высокой энергии, которых обычно не содержится в солнечных космических лучах. С этой целью используются большие наземные установки, регистрирующие нейтроны от первичных галактических частиц высокой энергии, — нейтронные мониторы. Регистрация Форбуш-эффектов позволяет прежде всего установить время прихода ударной волны. Затем по глубине уменьшения интенсивности частиц можно определить мощность ударной волны, а если наблюдения проводятся в нескольких точках межпланетного пространства, то и найти скорость ударных волн и направление их распространения.

Каждая ли хромосферная вспышка на Солнце приводит к выбросу заряженных частиц в межпланетное пространство? Чтобы ответить на этот вопрос, в настоящее время почти непрерывно советские спутники «Прогноз» ведут наблюдения потоков заряженных частиц непосредственно в межпланетном пространстве. Спутник «Прогноз-3» (запущен 15 февраля 1973 года), приняв эстафету от спутников «Прогноз» и «Прогноз-2» (запущенных 14 апреля 1972 года и 29 июня 1972 года) уже более года находится на орбите и передает информацию о заряженных частицах. В США такие же исследования проводятся на спутниках серии «Эксплорер». Советские и американские исследования существенно дополняют друг друга, а значит, со временем можно будет получить более полное представление о природе солнечных космических лучей.

На сегодняшний день можно констатировать следующее: каждая круп-



ная вспышка на Солнце сопровождается выбросом в межпланетное пространство больших потоков заряженных частиц. Меньшие вспышки не во всех случаях генерируют частицы. До каких энергий происходит ускорение частиц на Солнце? Чаще всего в межпланетном пространстве наблюдаются частицы до 1—10 Мэв, реже выбрасываются частицы до 100 Мэв, а иногда, в среднем один раз в 4—5 лет, на Солнце происходят грандиозные вспышки, при которых частицы ускоряются до 10 Гэв и выше. Серия таких мощных вспышек наблюдалась в августе 1972 года. Спутники «Прогноз» и «Прогноз-2», находившиеся в это время в полете, зарегистрировали весь комплекс явлений. («Земля и Вселенная», № 4, 1974 г., стр. 8—13.—Ред.) Здесь отметим только то, что потоки солнечных частиц во время

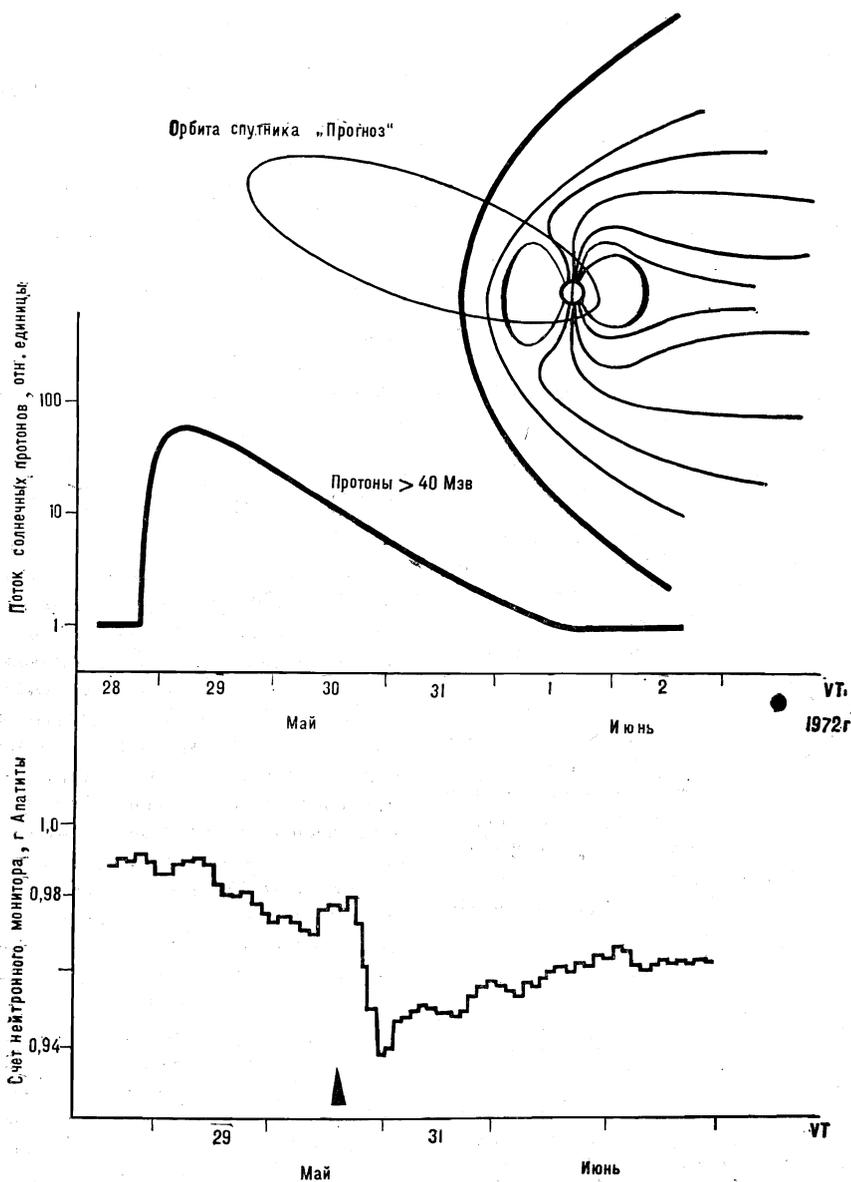
августовских вспышек достигали столь больших величин, что могли представлять серьезную опасность для здоровья космонавтов, находящихся в открытом космосе.

#### ПРОБЛЕМА ДАЛЬНЕЙШИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Будущие исследования на спутниках должны ответить на ряд еще нерешенных вопросов. Один из них — выяснение связи солнечной активности с явлениями в атмосфере Земли, или связи космической «погоды» с земной погодой. Это очень важный вопрос, решение которого дало бы огромный экономический эффект. К сожалению, сегодня мы не можем на него ответить, так как не знаем механизма такой связи и пока не нашли конкретного агента, оказывающего влияние на верхнюю и нижнюю атмосферу Земли. Этот вопрос еще предстоит тщательно исследовать.

Важно также научиться прогнозировать солнечную активность, особенно крупные хромосферные вспышки. Необходимо продолжать исследования свойств межпланетного пространства на больших удалениях от Солнца. В прошедшие годы исследования

*Изменения потока галактических (сплошные линии) и солнечных (пунктирная линия) космических лучей. Солнечные космические лучи с энергией  $E > 1$  Мэв начали регистрироваться только в 1964 году. При увеличении солнечной активности (точечная линия) возрастает генерация солнечных космических лучей.*



межпланетного пространства проводились только вблизи плоскости эклиптики (плоскости движения Земли вокруг Солнца), в то время как остальное пространство, севернее и южнее плоскости эклиптики, осталось неизученным. До настоящего времени астрономы смотрят на Солнце только «сбоку», и никто пока не видел, как выглядит Солнце «сверху» или «снизу», то есть со стороны одного из полюсов. Здесь важен, конечно, вид не самого Солнца, а солнечной короны, внутри которой находится наша Земля.

Если магнитное поле Солнечной системы сосредоточено только вблизи плоскости солнечного экватора (а для такого предположения есть веские основания), то космические лучи будут заполнять не сферу, а сплюснутую блинообразную область. Проникновение космических лучей в такую область будет иметь ряд особенностей, учет которых может изменить наши представления о процессах модуляции космических лучей и связанных с ними эффектах.

■ ■

*Траектории спутников «Прогноз» сразу после запуска. Большую часть времени спутники находятся вне магнитосферы Земли. Показаны возрастание солнечных космических лучей, зарегистрированное спутником «Прогноз», момент прихода ударной волны от Солнца (отмечен треугольником), внезапное начало магнитной бури и резкое понижение интенсивности галактических космических лучей (Форбуш-эффект), зарегистрированное приборами на станции непрерывной регистрации космических лучей (город Апатиты)*



Профессор  
Х. П. ПОГОСЯН

## Метеорологический режим городов

### ГОРОД И ЛАНДШАФТ

Если бы производственные выбросы оставались в городах полностью, то там погибло бы все живое. Однако на помощь приходит ветер, который уносит за пределы городских окраин загрязненные частицы воздуха. Они рассеиваются и концентрация их уже не опасна. Кроме того, в воздушном пространстве самих городов происходит самоочищение воздуха: твердые вредные частицы осаждаются на землю и вымываются затем атмосферными осадками; вредные газы и твердые примеси также частично растворяются в водных массах.

С развитием городов заметно изменяется природный режим местности. Например, если в сложных условиях рельефа производится искусственное орошение, увеличиваются площади садов и парков, жилым кварталам на склонах могут угрожать оползни, а если орошают возвышенные районы, то возникает другая опасность: грунтовые воды в нижних участках заливают подвальные помещения. Поэтому при градостроительстве необходимо учитывать взаимное влияние окружающего ландшафта и режима будущего города (его погода и климат). К сожалению, очень часто для строительства промышленных объектов выбирают места без учета метеорологического режима района.

Промышленные объекты должны быть расположены так, чтобы продукты горения, вредные газы, копоть и пыль цементных и других заводов, выделяемые даже в малых дозах, переносились преобладающими ветрами не в сторону густонаселенных городских кварталов и лесопарковой

**Современные города создают угрозу загрязнения воздушно-го пространства и водных бассейнов вокруг близлежащих территорий. Поэтому при градостроительстве нужно учитывать метеорологический режим местности, где вырастет будущий промышленный центр.**

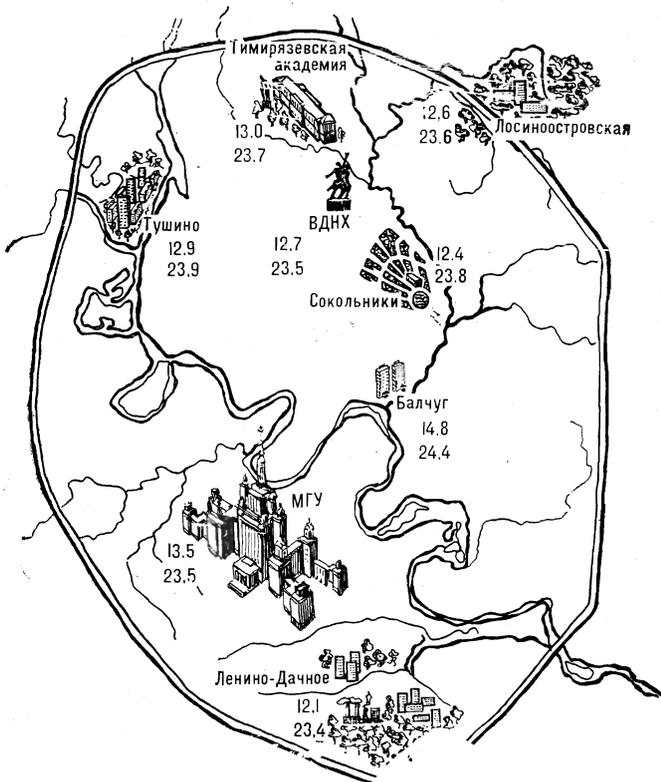
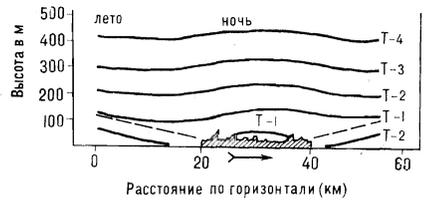
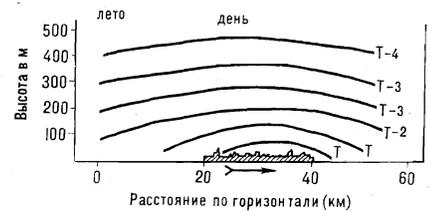
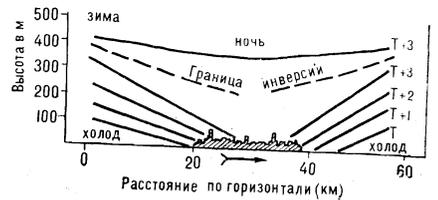
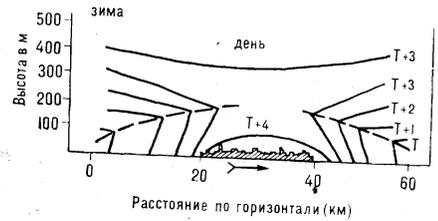
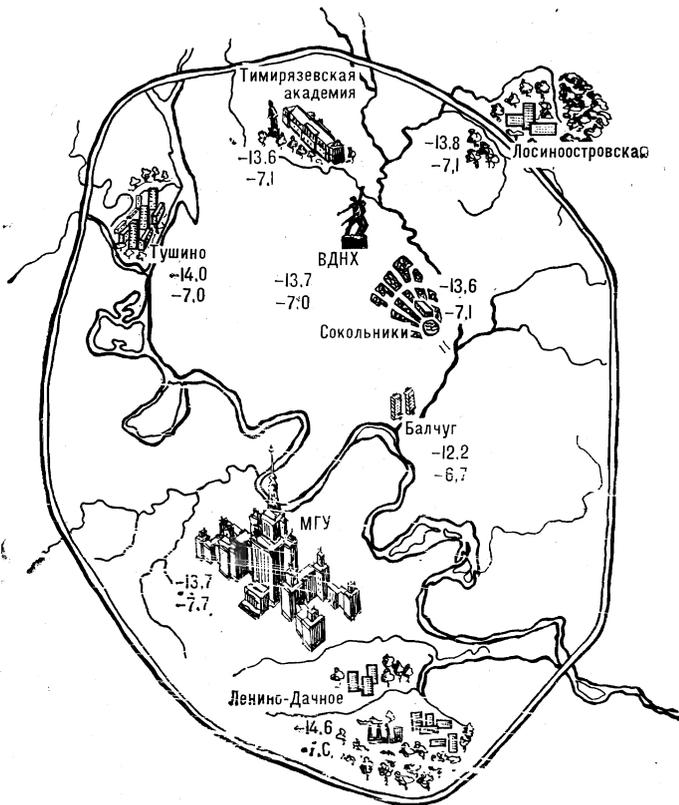
зоны, а в относительно свободное пространство. Известно, что в низинах и котловинах при антициклональной погоде, особенно в зимние месяцы, нижний слой воздуха охлаждается и образуются приземные инверсии температуры. Приземные инверсии температуры формируются в результате радиационного охлаждения воздуха. В случае приземной инверсии температура с высотой увеличивается. Это обычное метеорологическое явление наблюдается в ясную погоду, особенно при отрицательном радиационном балансе в зимние месяцы года. Летом в утренние часы подобным же образом возникают сравнительно слабые приземные инверсии, которые после дневного нагрева воздуха обычно разрушаются и вновь появляются с наступлением ночи. Разрушаясь внизу, инверсия сохраняется на высотах, то есть образуется приподнятая инверсия. Если ветры слабые или преобладает штилевая погода, заводские выбросы концентрируются, застаиваются и создают вреднейшие условия для всей биосферы. Поэтому, учитывая, что не всегда еще можно технически добиться совершенства производства, ведомствам и проектировщикам не-

обходимо при выборе места строительства предприятий консультироваться с метеорологами, которые помогут рационально разместить подобные объекты в соответствующих ландшафтно-климатических условиях и на территории города. Эти условия, например, не были учтены при сооружении крупного химического комбината имени С. М. Кирова в Ереване. Ереван расположен в Араратской долине, окруженной со всех сторон горами. Комбинат построили в начале 30-х годов на далекой окраине небольшого в то время города. За прошедшие десятилетия значительно вырос город, разросся и химкомбинат. Но теперь он оказался в черте города, и пришлось разработать новую технологию производства синтетического каучука, чтобы сократить выброс вредных газов в атмосферу. Однако это не решает проблемы полностью, так как промышленный район Еревана находится в котловине, зимой здесь характерна инверсия температуры, штилевая погода и, следовательно, слабое проветривание. Поэтому принимаются эффективные меры для полной ликвидации вредных выбросов, а для этого приходится переводить некоторые цехи в другой населенный пункт.

Подобных примеров нерационального размещения вредных производств достаточно повсюду.

### МИКРОКЛИМАТ ГОРОДА

До последних лет погода и климат города мало привлекали внимание метеорологов. Положение резко изменилось в последние десятилетия и сейчас метеорологический режим



Средние многолетние минимальные (числитель дроби) и максимальные (знаменатель дроби) температуры центральных и окраинных районов Москвы в январе. Средние минимальные температуры в центре города в июле на 2,1–2,7° выше, чем на окраине



Вертикальный схематический разрез нижнего 500-метрового слоя атмосферы над большим городом в умеренной зоне зимой и летом, днем и ночью. Днем над городом воздух внизу нагревается настолько, что инверсия температуры разрушается и в слое 100–200 м температура с высотой падает. В соответствии с направлением ветра теплый купол над городом несколько сдвинут вправо от его центра. Летом инверсии днем нет, так как приземный слой воздуха хорошо прогреет



крупных городов изучается во многих странах мира. Первые исследования метеорологического режима городов показали, что крупные города создают свой микроклимат. Выделяемые промышленными предприятиями и транспортом, отопительными и вентиляционными системами колоссальное количество тепла и влаги не может не сказаться на окружающей среде. Промышленные выбросы, загрязняя атмосферу, изменяют ее прозрачность и усиливают конденсацию влаги над городом. Летом воздух в южных городах нагревается от раскаленного асфальта улиц и площадей, от каменных зданий.

Как изучают погоду и климат города? Метеорологические наблюдения ведутся в разных районах городов и за их пределами. Например, такие наблюдения для Москвы организованы и проводятся Центральной высотной гидрометеорологической обсерваторией (ЦВГМО).

Для определения разности температуры воздуха в Москве и на некотором отдалении были использованы результаты метеорологических наблюдений на специальной 300-метровой мачте в Обнинске (100 км к юго-западу от Москвы) и на телевизионной башне в Останкино (северная окраина Москвы). В Обнинске температуру воздуха измеряли на разных уровнях — от 0,5 до 301 м. Чтобы исключить влияние мачты, измерительные приборы размещали на концах четырехметровых выдвижных реев. На Останкинской телебашне все наземные метеорологические наблюдения проводились на площадке, а высотные — на складных десятиметровых рейках от поверхности земли до

высоты 503 м. Телевизионные башни позволяют определять температуру и влажность воздуха, скорость и направление ветра, радиационные характеристики. Определяются также осадки, видимость, облака и др.

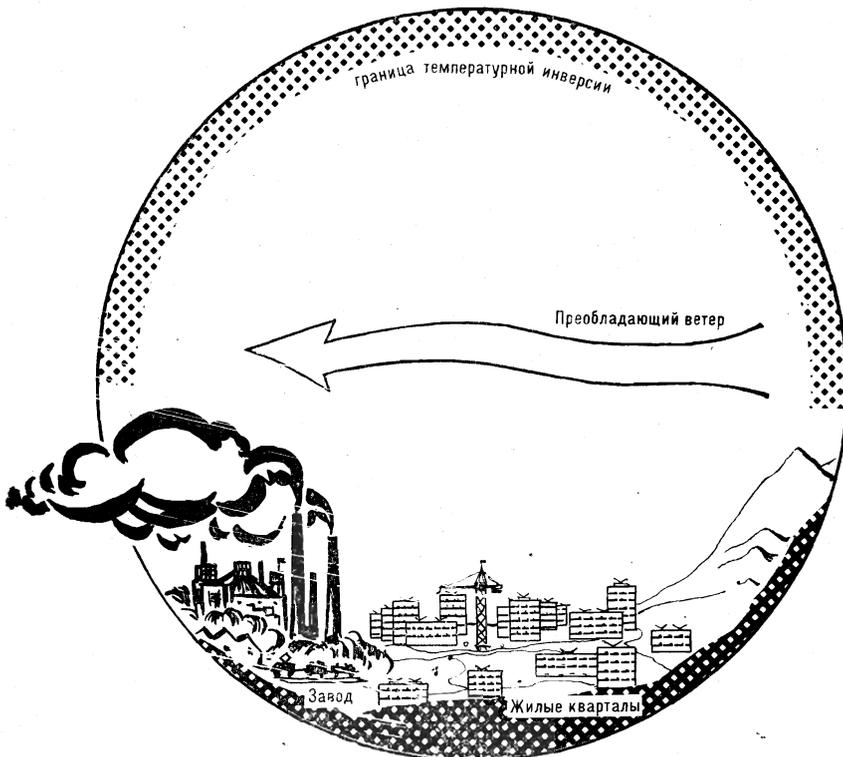
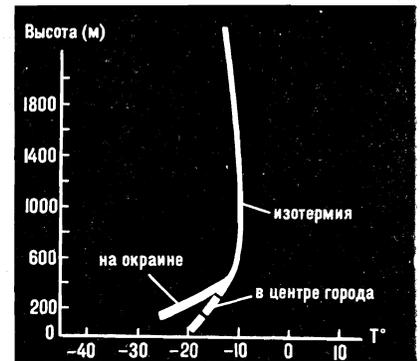
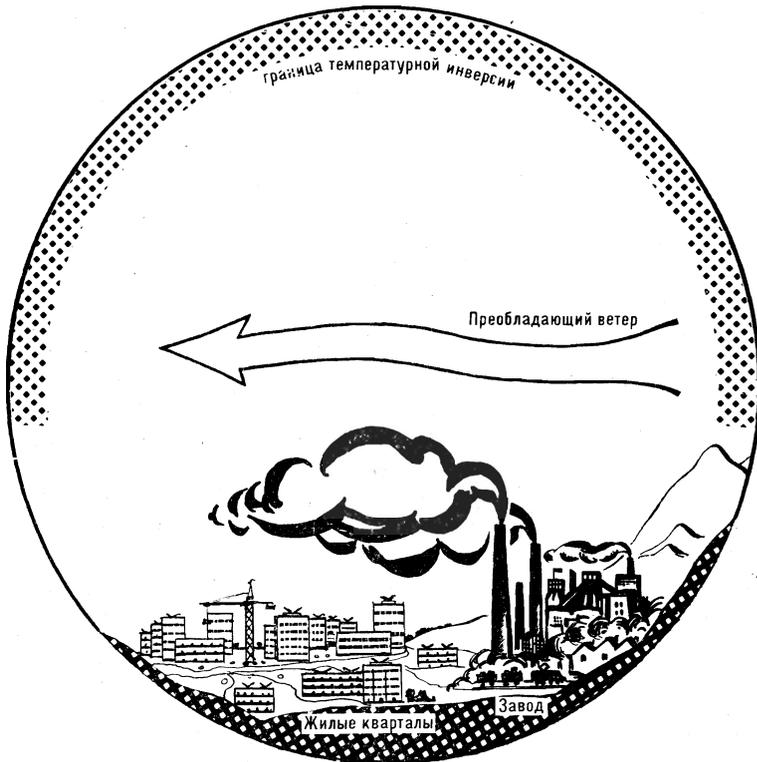
Одновременные наблюдения на Обнинской метеорологической мачте и Останкинской телебашне установили, что температура воздуха в Москве выше, чем в Обнинске. Кроме того, наибольшая разность температуры оказалась в приземном слое воздуха. С высотой эта разность сглаживается и выше 300 м приближается к нулю.

Комплекс метеорологических изменений, выполненных в 1972 году сотрудниками ЦВГМО в различных точках Москвы, показал, что у поверхности земли температура воздуха в центре города почти на 2° выше, чем на окраине. Даже при слабых ветрах со скоростями 2 м/сек обнаружили поток теплого воздуха от центра в сторону преобладающего направления ветра. Максимальная разность температуры между центром города и его периферией в отдельные дни осени 1972 года достигала 3—5°. Наибольшие разности температуры наблюдались в утренние часы. Интересно также, что скорости ветра в самом городе были на 30—40% меньше, чем измеренные городскими метеорологическими станциями, обычно расположенными на сравнительно открытых площадках. Приземные температуры в центре Москвы даже по средним величинам выше, чем на периферии. При этом разность средних многолетних минимальных температур, как правило, больше разности средних максимальных температур.

Большие различия в режиме температуры между Москвой и Подмосковьем характерны для нижних слоев воздуха. Измерения на Останкинской башне в 1970—1972 годах и аэростатные радиозондовые подъемы в Долгопрудном (18—20 км севернее Останкино) обнаружили инверсию температуры. Однако в Москве, вследствие нагрева воздуха, инверсия заметно слабее, чем в Долгопрудном. Это наблюдается и в теплое полугодие, но особенно в холодное время года.

В зимние месяцы происходит значительный тепло- и влагообмен между жилыми и производственными помещениями, между транспортными средствами и воздушным пространством. Вследствие дополнительного нагрева нижнего слоя воздуха приземная инверсия над городами ослабевает, а при определенных условиях и вовсе разрушается. В результате усиливается турбулентность, и копоть, газ и пыль переносятся вверх в подинверсионный слой, где и задерживается. Таким образом, крупные города способствуют самоочищению... Самоочищение воздуха происходит также при выпадении дождя и других видов атмосферных осадков.

Очень важно знать суточный и сезонный режим температурной инверсии. В ночное время суток, а в зимние месяцы и днем, в Москве и за городом она формируется у самой поверхности земли, с той лишь разницей, что температура над центральными районами города всегда выше, чем на отдалении 10—15 км от центра. При дневном нагревании приземного слоя воздуха инверсия температуры исчезает. Если же дневное



Случай нерационального размещения промышленного центра без учета ландшафта и метеорологического режима местности (а). Жилые кварталы и промышленные предприятия построены правильно (б), с учетом метеорологического режима

Вертикальное распределение температуры воздуха над центром Москвы (пунктир) и над ее окраинами (жирная линия). В 400-метровом слое воздуха над центром города условия для выноса производственных примесей значительно лучше, чем на окраинах, так как общий нагрев воздуха в центральных районах значительно ослабляет природную инверсию, тем самым «самоочищая» город

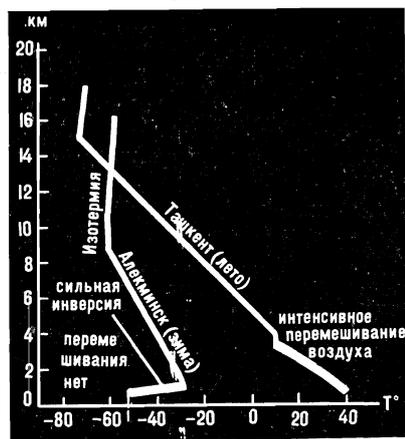
нагревание недостаточное, то инверсия разрушается лишь в приземном слое воздуха, а на некоторой высоте (100—300 м) продолжает существовать. Мощные приземные инверсии наблюдаются при сильных морозах. В этих случаях температура у поверхности земли ниже, чем на высотах 300—500 м на 8—10° и более. Зимой в центральных районах большого города всегда теплее, чем на окраине. По данным «Ежедневного метеорологического бюллетеня», в Москве в морозные дни января 1974 года температура воздуха в центре города была на 8—9° выше, чем на отдалении 10—15 км.

#### КУПОЛ ТЕПЛА НАД ГОРОДОМ

С режимом температурной инверсии связана еще одна особенность больших городов — аэрозольная дымка. Теплый воздух задерживается над крупными городами в виде купола. Купол тепла на высотах 200—300 м ограничивается инверсией. Такое распределение температуры с высотой и приводит к образованию аэрозольной дымки.

В переходные сезоны года купол тепла над Москвой не столь четко выражен, как зимой и летом. Причина тому — редкое образование инверсии при частых ветрах.

Купол тепла над городом исчезает при скоростях ветра более 5—6 м/сек. Но и при ветрах 2—4 м/сек дымка уносится в направлении воздушных течений. Теплый купол над большим городом в свою очередь оказывает влияние на метеорологический режим. С уменьшением прозрачности атмосферы, поскольку в куполе на-



капливаются производственные выбросы и увеличивается загрязненность воздуха, уменьшается поступление прямой солнечной радиации. Куполы тепла над Москвой исследуются в Гидрометцентре СССР и в Высотной Гидрометеорологической обсервато-

*Характерное вертикальное распределение температуры воздуха для Сибири (Алтай) и Узбекистана (Ташкент). На левой кривой ярко выражена температурная инверсия — в небольшом слое воздуха происходит нагревание на 22° (!). Такую инверсию не может разрушить тепловая энергия даже большого города, и в этом случае промышленные предприятия должны быть вынесены далеко за пределы жилых кварталов. Правая кривая показывает противоположный ход температуры с высотой. Над Ташкентом в приземном слое воздух хорошо перемешивается (типичное понижение температуры с высотой), производственные выбросы поднимаются на высоту, откуда ветром выносятся за пределы города и рассеиваются*

рии. Куполы различны по интенсивности и высоте. Сохраняются они и в зимнее и в летнее время.

Мощность и высота купола тепла над городом, как и густота дымки, конечно, зависят от характера и интенсивности производственных выбросов, площади города, плотности застройки, скоростей ветра и характера инверсии температуры. Высота верхней границы купола зависит от высоты инверсии. В северных городах, например в Москве, она достигает 100—300 м. Возможно, что в южных городах, особенно летом, она расположена выше, поскольку прогрев воздуха и конвективный теплообмен по вертикали на юге больше.

Купол тепла, по-видимому, характерен не только для таких больших городов, как Москва и Ленинград, но и для средних по размерам городов, где возникают инверсии температуры, а промышленные объекты и транспорт выбрасывают в больших масштабах копоть и пыль, тепло, влагу и разные газы.

Усилия человечества направлены на изыскание путей улучшения природной среды. В нашей стране охрана природы стала задачей государственной важности. В связи с этим необходимо исследовать физику приземного слоя атмосферы. Изучение и учет многих особенностей метеорологического режима местности позволяет рационально проектировать и строить города, рабочие поселки, крупные и малые промышленные объекты. Строгий научный подход к градостроительству положительно скажется на оздоровлении воздушного пространства и других компонентов природной среды.



### ПАМЯТИ Ю. М. ШЕЙНМАННА

Один из авторов статьи, доктор геолого-минералогических наук Юрий Михайлович Шейнманн скончался 4-го апреля текущего года. Почти 50 лет жизни отдал Юрий Михайлович наукам о Земле. Он никогда не был специалистом узкого профиля. Начав свою научную деятельность с вопросов палеонтологии, он вскоре обратился к широкому проблематике региональной геологии, тектоники, геологии рудных полезных ископаемых. С годами все больше определялся интерес к петрологии, ее связи с тектоникой, а отсюда — к происхождению и строению глубинных горизонтов Земли. Шейнманн был талантливым и пытливым исследователем, крупным авторитетом во многих областях геологии. Сравнительно недолго был он членом редколлегии журнала «Земля и Вселенная».

Публикуемая в настоящем выпуске журнала статья Ю. М. Шейнманна и Ю. С. Геншафта об алмазах и глубинах Земли относится к петролого-тектоническому направлению в творчестве Шейнманна. Она очень интересна, в том числе как показатель многообразия его подхода к этой тематике. Алмазы в качестве окон в глубины Земли, — смелое и удачное сравнение!

Насколько мы знаем, статья об алмазах и глубинах Земли — это последняя работа, которую [увы — только начерно] успел написать Юрий Михайлович. Приготовил ее к печати второй автор — кандидат физико-математических наук Ю. С. Геншафт.

Редакционная коллегия

Кандидат физико-математических наук  
Ю. С. ГЕНШАФТ  
Доктор геолого-минералогических наук  
Ю. М. ШЕЙНМАНН

## Алмаз — «окно» в глубины Земли

**Алмаз — это минерал, образующийся в глубинах Земли. По словам А. Е. Ферсмана, он «...органически связан с бесконечным количеством факторов и явлений...»**

Известно немало алмазов, например «Шах», «Орлов», которые имеют многовековую историю и были немymi свидетелями величия и падения правящих династий и государств. Ныне алмаз перестал быть только драгоценным камнем, окутанным драматическими легендами. Благодаря своим уникальным физико-химическим и механическим свойствам алмазы превратились в могучих тружеников, представляя собой ценнейшее техническое сырье. В руки человека не попадал еще материал, обладающий более высокой твердостью, чем алмаз. Вероятно, и нет более загадочного по своей природе камня. Само название, данное когда-то греками, в переводе означает «неукротимый», «недоступный». А. Е. Ферсман писал, что «недоступность проходит красной нитью через всю историю этого минерального вида». С развитием методов и средств исследования постепенно раскрываются тайны алмаза. Вместе с этим познаются многие процессы в недрах Земли, сопутствующие рождению и истории алмазов.

### ГДЕ ОБРАЗУЮТСЯ АЛМАЗЫ?

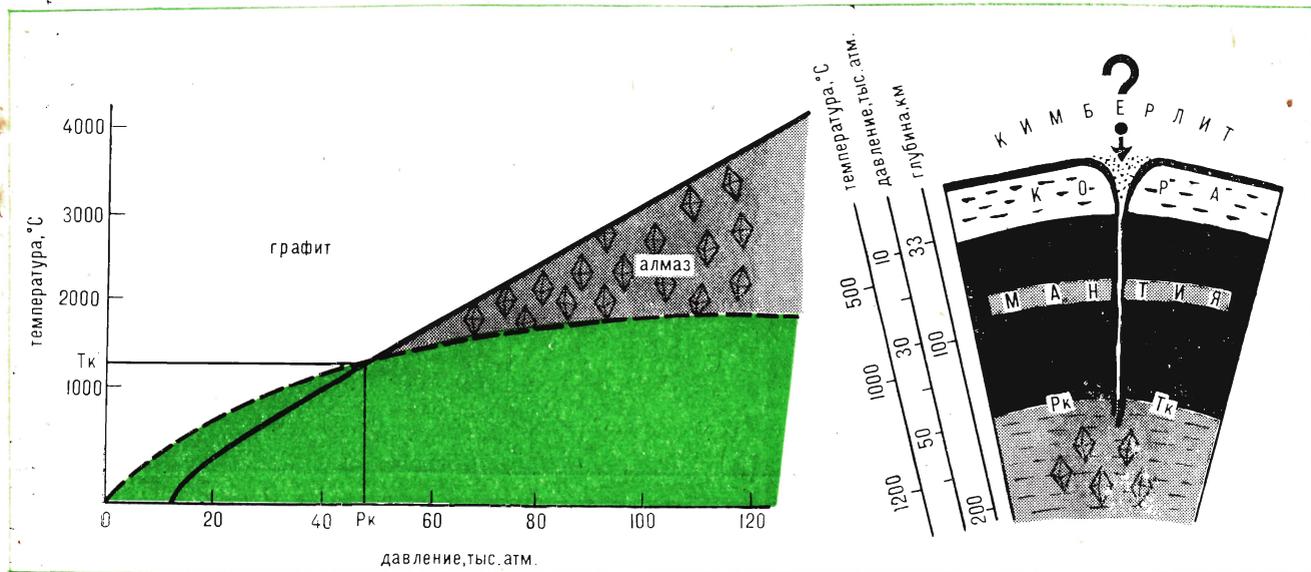
По химическому составу алмаз тождествен углю и графиту. Однако в отличие от этих веществ, образующих в природе большие залежи, алмазы встречаются крайне редко. Превращение алмаза в графит происходит в

условиях нагрева его до температуры свыше 1000° С; при этом, кубическая структура алмаза разрушается и атомы углерода располагаются в слоистую гексагональную структуру, характерную для графита. Вследствие коренных различий структур и характера химической связи атомов углерода в кристаллических решетках, графит и алмаз обладают совершенно разными физическими и механическими свойствами.

Первое коренное месторождение алмазов было найдено в 1871 году возле города Кимберли, в Южной Африке. Глубоко в недра Земли уходила необычная по составу порода. Эту породу назвали «кимберлит».

Спустя несколько лет после открытия кимберлитов русские ученые М. В. Ерофеев и П. А. Лачинов впервые обнаружили алмазы в каменном метеорите-ахондрите Новый Урей. Затем алмазы были найдены и в другом «небесном камне» — железном метеорите Каньон Дьябло (США). Эти находки показали, что алмазы обязаны своим происхождением кристаллизации в кремнеземистом или металлическом расплаве при высоких давлениях и температурах. (Напомним, что всего 100 с небольшим лет назад обсуждалась связь алмазов с растительными организмами!) Теоретические расчеты фазового перехода в углероде, выполненные Ф. Синомом и О. И. Лейпунским, подтвердили предположение о возможности кристаллизации алмаза только при высоких давлениях.

Исследования кимберлитов и трубчатых полостей, заполненных этой породой (кимберлитовые трубки), подтверждают глубинное зарождение ал-



мазов. Кимберлиты содержат некоторые минералы, устойчивые только при очень высоких давлениях. К ним относятся прежде всего гранаты, богатые магнием и хромом,— они могут возникать в породе, сжатой до 20—30 тыс. атм. Именно это обстоятельство заставляет признать кимберлиты образованиями чрезвычайно больших давлений, а значит, и больших глубин. Следовательно, алмазы должны нести информацию о состоянии вещества в пределах верхней мантии и о происходящих там процессах.

#### ИСКУССТВЕННЫЕ АЛМАЗЫ

Начиная со средневековых алхимиков, ученые пытались получить искусственные алмазы. Позже, изучив условия нахождения алмазов, исследователи стремились воспроизводить

■  
 Диаграмма условий стабильного существования алмаза и графита. Сплошной линией обозначена кривая равновесия этих фаз углерода, пунктиром — распределение температуры в недрах Земли.  $T_k$ ,  $P_k$  — критические минимальные параметры образования природных алмазов

кристаллизацию алмаза в лаборатории из растворов или расплавов. Среди многочисленных теоретических исследований встречались самые различные оценки и параметры той геологической обстановки, в которой могли рождаться алмазы. Однако только советскому физико-химическому О. И. Лейпунскому удалось убедительно показать, при каких условиях действительно возможна их кристаллизация. По мнению О. И. Лейпунского, наиболее легко алмаз кристаллизуется из расплава, например из расплава железа при давлениях свыше 60 тыс. атм. (В промышленном производстве алмазы получают сжатием графита и металла-катализатора до 50 тыс. атм при температуре около 1500° С.)

Сейчас уже выяснено, что синтез алмазов требует соблюдения следующих условий: температура и давление должны соответствовать области устойчивости алмаза, то есть температура должна быть не ниже 1000° С, а давление — около 50 тыс. атм; при минимальном давлении и температуре необходим жидкий раствор углерода в металле-катализаторе; чем дальше от кривой равновесия графит — алмаз в область

стабильности алмаза отстоят значения давления и температуры, тем быстрее проходит образование алмазных кристаллов и тем меньше их размер; при своем росте кристаллы алмаза легко захватывают инородные частицы, например, материал среды, в которой они растут; форма образующихся кристаллов зависит от давления и температуры.

Опыт получения искусственных алмазов все-таки не ответил на самый сложный вопрос: каков механизм образования природных алмазов? Ведь в лаборатории критические значения давления и температуры достигаются быстро, так же быстро растут и кристаллы. А природа тратит очень много времени на таинственный акт зарождения и роста алмазного кристалла. Вот почему синтетические кристаллы не так совершенны и менее разнообразны по форме — чаще всего это плоскогранные октаэдры и кубы. В природных же минералах большую долю составляют ромбододекаэдры и округлые формы кристаллов. Эксперименты показали, что при самых высоких температурах чаще образуются октаэдры, а при низких — кубы.

Что же дал геологам синтез алмазов? Стало ясно, во-первых, что образование алмазов различных форм проходит при разных сочетаниях давления и температуры, причем температуре принадлежит главная роль. Во-вторых, форма алмазов зависит также от состава среды, в которой они растут. А скоростью роста кристаллов и совершенством их структуры управляет соотношение различных условий кристаллизации. Кроме того, искусственные алмазы помогают проверять достоверность многочисленных гипотез происхождения этого удивительного природного минерала.

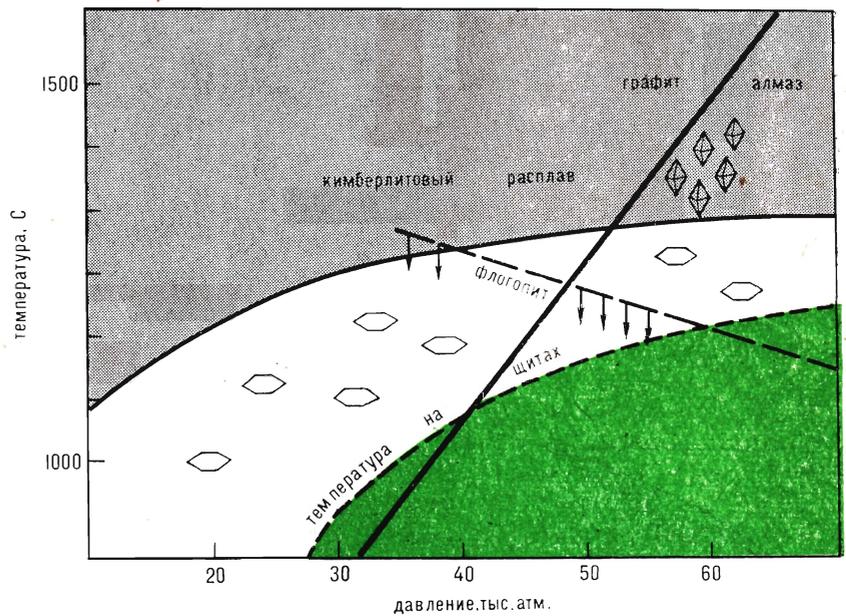
#### ПРИРОДНЫЕ АЛМАЗЫ

Изучая алмазы различных форм и их распространение в месторождении или в целой алмазной провинции, можно выяснить, каковы возможные давления и температуры во время их образования. В Якутском месторождении «Мир» обнаружены алмазы самых различных форм. Предполагают, что они образовались при давлении 40—60 тыс. атм и температуре 1450—1500°С. Это, в свою очередь, позволяет оценить глубины, на которых проходила кристаллизация и протекали сопутствующие ей процессы в различных участках земной коры и верхней мантии. Еще больше сведений дает изучение внутреннего строения и свойств алмазов.

Химические и физические методы исследований показали, что в природных алмазах содержатся примеси определенного состава. Именно этим примесям алмаз обязан своими важными физическими характеристиками — цветом, люминесценцией, элект-

ропроводностью и т. д. Детальные исследования, выполненные во Всесоюзном институте природных алмазов и инструмента (ВНИИАЛМАЗ) установили, что различные по своей морфологии кристаллы природных алмазов содержат разное количество примесного азота. Азот входит в структуру алмаза или одиночными атомами, или относительно большими скоплениями. От этого, вероятно, зависит разнообразие форм алмазных кристаллов. Наиболее сильно по характеру вхождения азота в решетку алмаза отличаются кристаллы кубической и октаэдрической формы. Было установлено, что по объемному содержанию примесей алмазы очень неоднородны. Кроме азота в них всегда присутствуют примеси ряда элементов — Fe, Si, Mg, Al и других, в количествах от  $10^{-8}$  до  $10^{-2}$  весовых процента.

*■*  
 Диаграмма, иллюстрирующая области существования кимберлитового расплава, кристаллизации алмаза и слюды (флогопита). Показано также распределение температуры в земной коре под континентальными щитами



Природные алмазы «загрязнены» не только микропримесями в кристаллической решетке. Практически трудно найти кристалл алмаза, не содержащий инородного вещества. Среди включений встречаются различные минералы и первично-магматического, и вторичного происхождения. Поэтому очень важно отличать включения, образовавшиеся одновременно с алмазом, от тех, которые возникли после его кристаллизации. Ведь такие минералы «свидетельствуют» об истории образования алмазов, о термодинамических условиях роста и химической обстановке среды, где росли кристаллы.

Если не рассматривать включения, приуроченные к трещинам в кристаллах, идущих от поверхности, то останется небольшая группа минералов, кристаллизующихся обычно из расплава при высоких давлениях и температурах: оливины, гранаты, пироксены, рудные минералы, графит и коэзит (плотная модификация кремнезема). В качестве включения в алмазах часто наблюдают... алмазы. Уже первые микроскопические и рентгеновские исследования включений показали, что они близки по своим свойствам минералам обломков тех пород, которые были вынесены на поверх-



ность Земли кимберлитовыми расплавами с больших глубин. Своей хорошей кристаллографической формой или каплевидной формой включения отчетливо указывают на кристаллизацию из расплава. Самыми интересными оказались результаты рентгеноспектрального анализа с помощью микроанализатора. Сначала обнаружили гранаты необычного состава с исключительно высоким содержанием хрома. В некоторых разновидностях этих гранатов содержится кноррингита (магнезиально-хромового граната, до сих пор в чистом виде не обнаруженного в природе) составляет до 50%. Еще удивительнее — высокая концентрация хрома в оливине, который, казалось бы, не должен содержать трехвалентных ионов. В этом отношении оливины в алмазах можно сравнить с лунными оливинами, образовавшимися при чрезвычайно низкой летучести кислорода, не свойственной условиям кристаллизации обычных пород Земли.

Минеральные включения позволили определить не только химико-минералогические условия глубинной кристаллизации алмаза, но также и оценить давления в период их образования. Эти оценки получены сотрудниками ВНИИАЛМАЗ Ю. Ф. Шульпяковым и А. И. Коломийцевым в результате поистине ювелирной работы. Они измеряли трещины, сопутствующие включениям, и определяли напряжения, которые привели к образованию трещин, когда во время выноса алмазов наверх снижались давление и температура. Исследование большого числа кристаллов дало очень близкие результаты: алмазы образовались при давлениях около 100 тыс. атм.

Помимо включений и трещин у алмазов бывают нарушения структуры, свидетельствующие о пластической деформации кристаллов. На первый взгляд трудно представить себе, что самый твердый из известных на Земле и одновременно хрупкий материал может быть пластичным. Правда, экспериментаторам удавалось изогнуть алмазную пластину в вакууме, доведя температуру до 1700°С. Но эти косвенные данные о пластической деформации алмазов зачастую оспаривались, поскольку ни вакуума, ни столь высоких температур не было при их образовании. Ю. Ф. Шульпяков впервые привел экспериментальные доказательства пластической деформации природных алмазов при давлениях около 70 тыс. атм и температурах свыше 1200°С. А это означало, что нужно допустить некоторые сдвиговые напряжения во вмещающей среде, свидетельствующие о ее вязко-пластичном состоянии в условиях высоких давлений и температур.

Об изменениях в условиях роста кристаллов рассказывают исследования внутренней морфологии природных алмазов, выполненные С. А. Якубовой и Ю. С. Геншафтом. Для изучения внутреннего строения кристаллы алмаза разрезаются при строгом соблюдении определенных условий и отполированная поверхность протравливается в расплаве щелочи. Образующиеся фигуры после травления позволяют проследить за изменением формы кристалла в процессе роста. Большинство внешне совершенных, прозрачных октаэдрических кристаллов имеют крайне сложное внутреннее строение. Выяснилось, что алма-

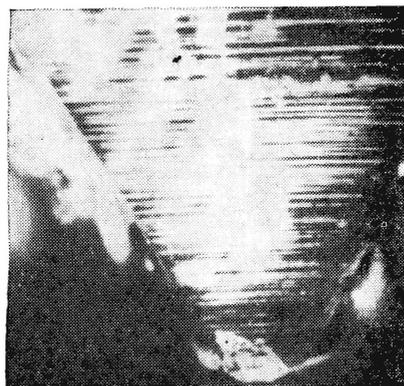
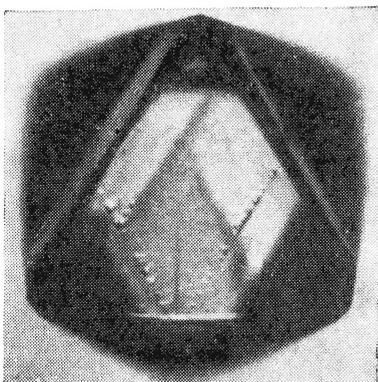
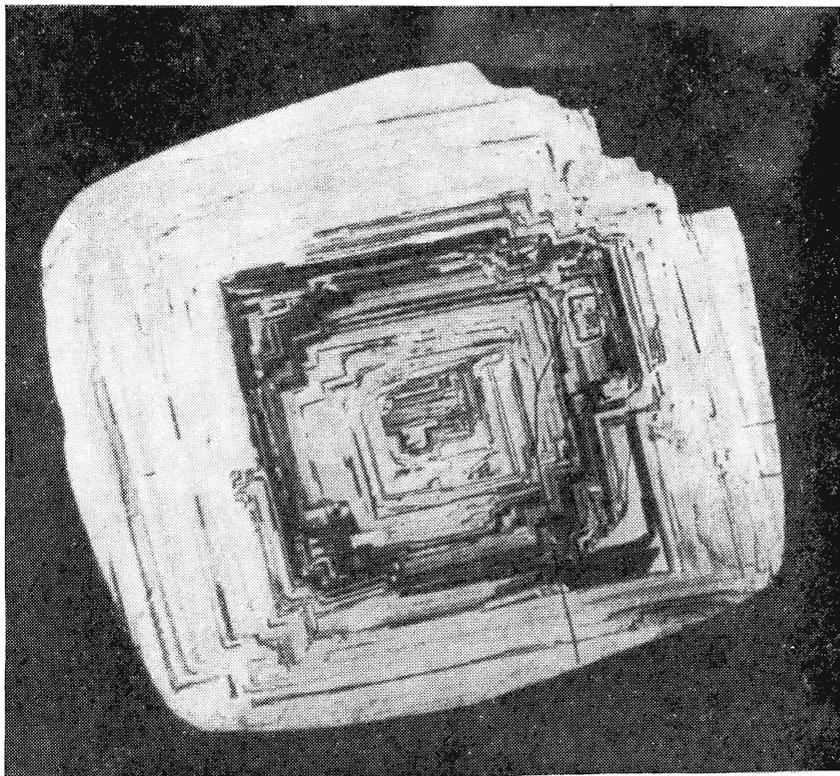
зы во время своего роста могут приобретать различные кристаллические формы. Иногда наблюдаются признаки «коррозии» алмазов или их частичное растворение на отдельных этапах кристаллизации. Вероятно, условия роста многократно менялись.

#### ЧТО ЖЕ ТАКОЕ КИМБЕРЛИТЫ?

Мы уже говорили, что кимберлиты — это особый тип алмазоносных пород. До сих пор нет однозначного их определения и не выработаны единые минералогические, петрохимические и геологические критерии, позволяющие выделить их из большой группы основных и ультраосновных пород.

Кимберлиты — уникальные образования, содержащие чрезвычайно различные по условиям кристаллизации минералы. Изменения этих условий отражались на количественном и качественном составе образующихся минеральных ассоциаций. Характерная особенность кимберлитов — удивительное разнообразие включений как родственных, так и чуждых по минеральному составу пород.

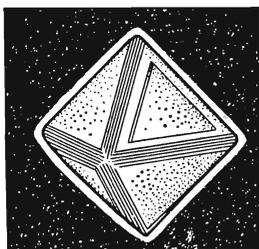
При изучении кимберлитов возникает вопрос: существовала ли кимберлитовая магма? Большинство исследователей не видят явных тепловых воздействий кимберлитов на вмещающие породы и вынесенные с глубины ксенолиты (включения любых пород). С другой стороны, остро дискуссионны вопросы о глубинах зарождения кимберлитов и о глубинах, с которых начинается их путь к поверхности Земли. Геологи пользуются косвенными данными, сопоставляя наблюдения природных объектов с



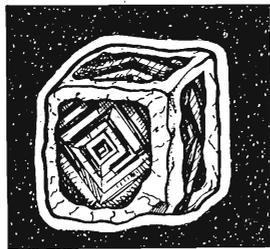
результатами экспериментальных исследований при высоких давлениях и температурах. Анализируя структуры сростания пироксенов и ильменита во включениях кимберлита Южно-Африканских месторождений, австралийский ученый А. Рингвуд установил, что кимберлит испытал воздействие давления свыше 100 тыс. атм.— это эквивалентно давлению на глубинах Земли свыше 300 км. Детальные определения состава большой группы минералов кимберлитов (гранатов, оливинов, рудных и т. п.) установили, что некоторая их часть идентична ми-

Фотография протравленной поверхности разрезанного кристалла алмаза октаэдрической формы. Сложное внутреннее строение объясняется изменяющимися условиями роста. На некоторых линиях заметны искривления — это «коррозия» кристалла во время его роста

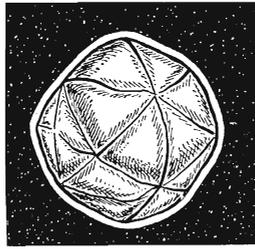
Кристаллы алмаза с заметными дефектами. На левом кристалле хорошо видны природные треугольные ямки. Правый кристалл претерпел объемную пластическую деформацию. Его поверхность испещрена серией параллельных линий — следов пересечения плоскости деформации с внешней гранью кристалла



Октаэдр

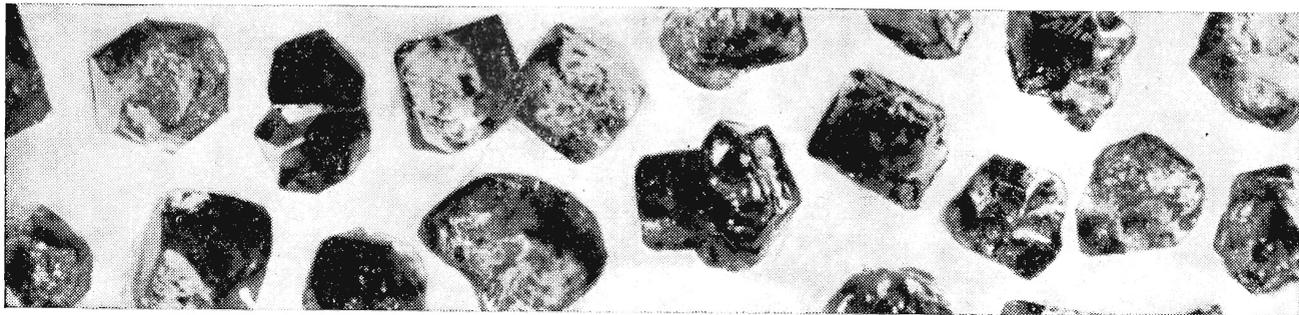


Куб



Ромбододекаэдр

Основные морфологические формы кристаллов алмаза. На октаэдре и кубе видны следы послойного роста граней



нералам-включениям в алмазах. Основная же доля подобна минералам ультраосновных пород. («Земля и Вселенная», № 6, 1969 г., стр. 21—25; № 3, 1970 г., стр. 3—11.— Ред.)

Таким образом, можно прийти к выводу, что кимберлиты действительно генетически связаны с алмазами и прошли длинный путь эволюции, когда менялись давления и температуры.

Информацию об условиях образования кимберлитов и сопутствующих им пород дали экспериментальные исследования, выполненные совместно лабораторией минералогии и кристаллографии алмазов ВНИИАЛМАЗ и отделом геодинамики Института физики Земли АН СССР. Прежде всего удалось получить ответ на один из основных вопросов — о генетической принадлежности кимберлитов к породам ультраосновного состава. В широком интервале давлений и температур — до 80 тыс. атм. и 2000°С — установлена единообразная кристаллизация минеральных ассоциаций кимберлита и перидотита, обогащенного окисью алюминия. На всех этапах кристаллизации главным образующимся минералом был оливин. При давлениях свыше 20 тыс. атм. начинали кристаллизоваться ассоциации, содержащие гранаты.

Изучая минеральные включения в алмазах, трудно было понять, почему среди них не найдены слюды, широко распространенные в кимберлитах и встречающиеся иногда в некоторых глубинных ультраосновных породах. Эксперименты пролили свет и на эту загадку. Оказалось, что условия образования алмаза и слюды несовместимы. Если алмазы могут расти в ким-

берлитовой магме при температурах свыше 1300°С и давлениях более 50 тыс. атм., то слюда при этих же давлениях существует при температурах ниже 1200°С.

Эксперименты не оставляют сомнений, что некоторые минералы кимберлитов имеют магматическое происхождение. Особенностью образования кимберлитовой магмы, вероятно, было активное участие в этом процессе подвижных флюидов, под воздействием которых происходило формирование химического состава магмы. Значительный этап эволюции кимберлитового вещества был сопряжен с действием высоких давлений, когда кристаллизовались алмазы, гранаты и другие минералы, устойчивые на больших глубинах. Процессы образования кимберлитов и алмазов — определенный этап в эволюции вещества земных недр; не исключено, что эти процессы продолжают и ныне.

#### ТОЛЬКО КИМБЕРЛИТЫ?

В настоящее время все чаще высказывается мнение, что кимберлиты — не единственные породы, со-

■  
*Кристаллы искусственных алмазов. Они имеют самую разнообразную форму — кубы, октаэдры, кубооктаэдры. На многих кристаллах хорошо видны «недоразвитые» грани — искусственные алмазы далеки от совершенства формы природного минерала. Размер кристаллов — около 0,3 мм*

державшие коренные месторождения алмазов. В алмазах были обнаружены минеральные включения эклогитового типа. С другой стороны, известные сегодня данные не позволяют объяснить происхождение эклогитов при кристаллизации кимберлитовой магмы. Поэтому была выдвинута гипотеза о существовании глубинных алмазодносных эклогитов. (Эклогиты — породы, возникшие под большим давлением, состоящие из граната и пироксена. По валовому химическому составу близки базальтам.) Появились сообщения об отдельных находках алмазов в эклогитах Кокчетавского массива в Казахстане, а также в Армении, где по геологическим условиям не должно быть кимберлитовых алмазных трубок. А сколько вопросов поставили алмазы из россыпей Украины? Оказалось, что одинаковые по размерам алмазы из этих россыпей и из кимберлитов Якутии сильно отличаются формой. По своему строению многие алмазы россыпей похожи на алмазы, найденные в метеоритных кратерах. Не несут ли они в себе следы того далекого прошлого Земли?

Все это позволяет говорить, что в руках исследователей алмазы могут стать не мифической, а реальной «машиной времени», дающей возможность увидеть, как эволюционировала наша планета в течение многих сот миллионов лет.

# Витольд Карлович Цераский

(к 125-летию со дня рождения)

Несколько лет назад мне попало на глаза стихотворение Максимилиана Волошина, посвященное известному астроному, профессору Московского университета Витольду Карловичу Цераскому. В нем были строки:

...таинственно мерцали  
Водяные литовские глаза,  
Навеки затаившие сиянья  
Туманностей и звездных Галатей.

Почему литовские глаза? Ведь польские книги, польские письма в архиве Цераского, его восхищение стихами А. Мицкевича говорили о польском происхождении прославленного ученого. Академик АН ЛитССР П. В. Славенас написал мне в ноябре 1969 года по этому поводу следующее: «Действительно, Цераский — литовец по происхождению. Во втором томе Литовской энциклопедии 1937 года о нем есть довольно подробная статья с портретом. Там же отмечено, что Цераский в бытность свою профессором в Москве поддерживал связь с литовцами-студентами и участливо входил в их нужды. Первоначальная фамилия Цераских была Вашкис («восковщик»), но так как в роду его с XVII века были реформатские пасторы, учившиеся среди знати, то фамилия была переделана на латинопольский лад («воск» стал «цера»). Один из предков астронома писался в начале прошлого века на «душе-спасительной» книжке по-литовски как «Цераускас». В окрестностях местечка Швобишкис, откуда идет род Цераских, и поныне есть представители фамилии Вашкис. Отец астронома Карл (1817—1864) в 1835—1839 годах учился в Тарту, а в 1841 году получил место учителя [географии] гимназии в



Слуцке, где родился [9 мая 1849 года] астроном Витовт (Витольд)-Николай-Генрих.

Отец Витольда Карловича был человеком широких взглядов. Он привил своим детям любовь не только к наукам, но и к искусству, литературе, истории. Эффектная комета Донати 1858 года пробудила у девятилетнего Витольда живой интерес к астрономии. В гимназии он рассматривал небесные светила в небольшую трубу физического кабинета, читал книги по астрономии.

После смерти отца материальное положение семьи было очень тяжелым. Однако по настоянию матери — Стефании Александровны — Цераский, окончив гимназию в 1867 году,

*Витольд Карлович Цераский (1849—1925). Фото 90-х годов*

поступил на физико-математический факультет Московского университета. На четвертом курсе он получил золотую медаль за «Определение орбиты Марса по трем наблюдениям», после чего ему предложили место сверхштатного вычислителя. Цераскому предоставили небольшую комнату при Московской обсерватории, а на последнем курсе стали платить 20 рублей в месяц. Директор обсерватории Б. Я. Швейцер придирчиво и строго следил за тем, чтобы молодой вычислитель не увлеклся ничем «посторонним». Книжки, не относящиеся к астрономии, приходилось прятать от его глаз.

В июне 1871 года Цераский окончил курс со степенью кандидата и был оставлен при университете. Позднее он занял место сверхштатного ассистента обсерватории с небольшой оплатой. В 1873 году преемником Швейцера стал Ф. А. Бредихин; при нем началась самостоятельная научная работа Цераского.

Правда, Витольд Карлович не любил вспоминать о первом поручении Бредихина — провести на фотогелиометре наблюдение прохождения Венеры по диску Солнца 9 декабря 1874 года. Желая привлечь внимание к этому весьма редкому явлению, Цераский опубликовал статью, в которой, помимо советов наблюдателям, дал предвычисления обстоятельств явления для 41 места России. А сам пустился в утомительное путешествие на лошадях через всю Сибирь в далекую Кяхту. Несмотря на слабое здоровье, он успешно преодолел все трудности пути. Но, увы, небо почти во все время прохождения Венеры было облачным. Много позже, став



директором обсерватории, Цераский предпочитал не тратить денег на далекие дорогостоящие экспедиции, успех которых так зависит от капризов природы!

Возвратившись из Кяхты, В. К. Цераский по предложению Ф. А. Бредихина занялся фотографированием Солнца, а затем астрофотометрией, в которой вскоре стал признанным авторитетом. Он усовершенствовал фотометр Цельнера, получивший в дальнейшем наименование астрофотометра Цельнера — Цераского. Тогда же Цераский начал крупные фотометрические работы: определение блеска около 500 звезд севернее  $75^\circ$  склонения, блеска белых звезд, звезд в скоплениях в Персее, Волосах Вероники и др. При этом он обнаружил систематическую «ошибку положения», зависящую от угла между «линией центров» двух сравниваемых звезд и горизонтом.

В 1885 году В. К. Цераский открыл светящиеся, серебристые облака. Позднее, при содействии А. А. Белопольского, Цераский путем одновременных наблюдений из двух мест, разделенных расстоянием до 30 км, определил высоту облаков — около 75 км (по современным оценкам, 80—82 км).

С измерениями блеска звезд связано случайное открытие переменности двух звезд: одной — типа Алголя, другой — типа Миры Кита. Это открытие пробудило интерес Цераского к нестационарным звездам; он организовал на обсерватории систематическое фотографирование неба. По его проекту в Германии был изготовлен светосильный астрограф. Эта «экваториальная камера» более 50 лет по-

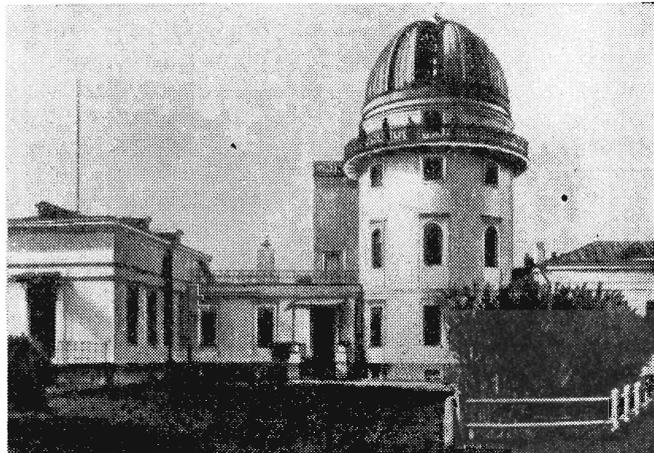
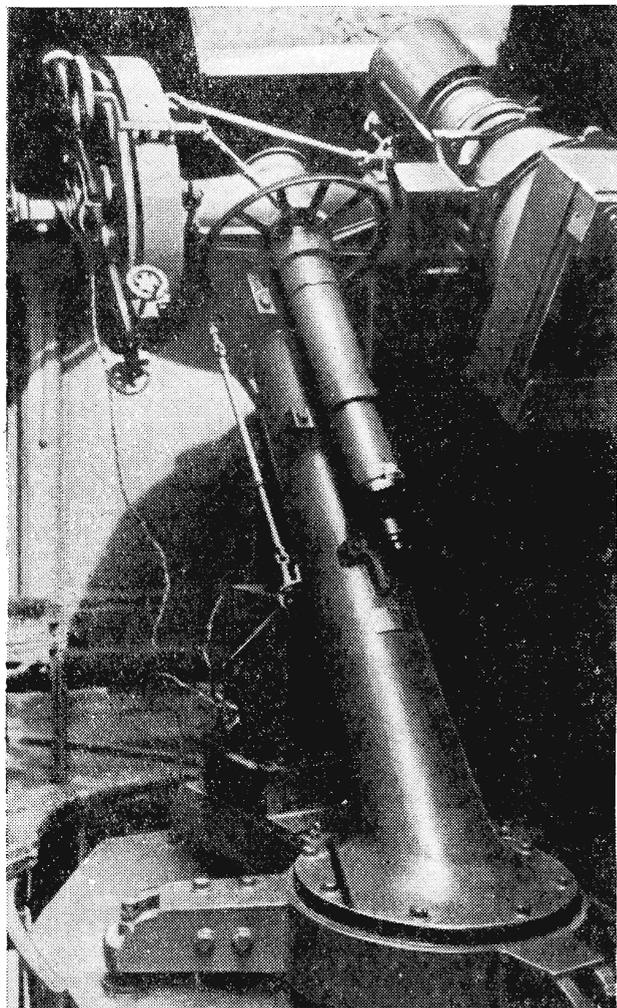
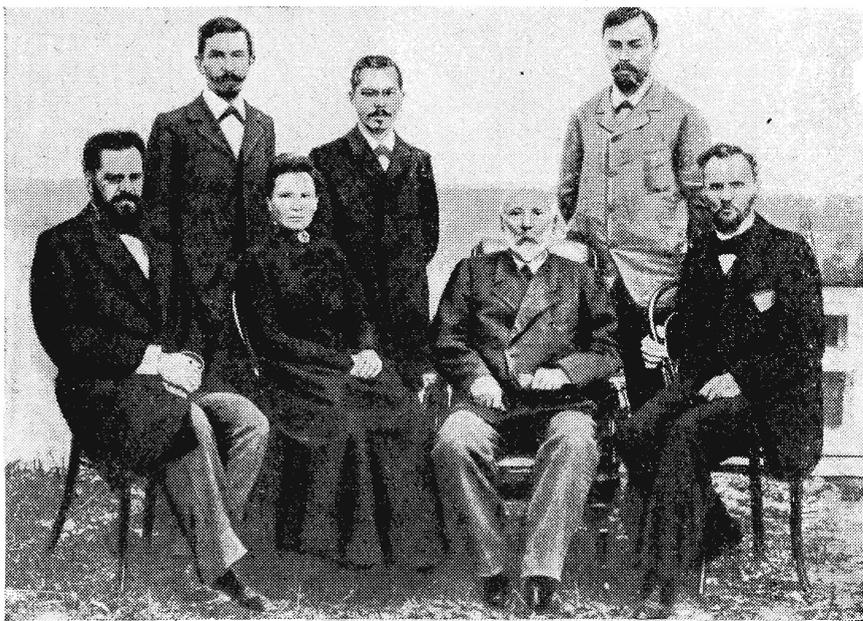
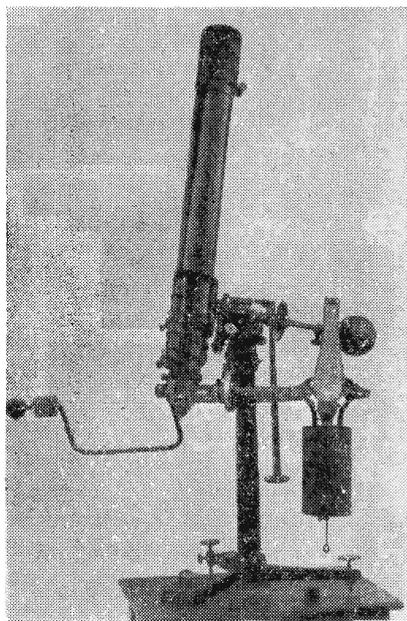
полняла «стеклянную библиотеку» снимками неба размером  $24 \times 30$  см. Витольд Карлович привлек свою жену Лидию Петровну к открытиям переменных звезд. Тщательно сравнивая пары негативов одной и той же области неба, снятых в разное время, она обнаружила 206 переменных звезд. Каждую из них немедленно после открытия наблюдал визуально С. Н. Блажко на 7-дюймовом рефракторе. Эта работа положила начало развитию в Москве исследований переменных звезд. В 1946 году здесь был создан Международный центр по сбору информации, составлению и изданию различных каталогов переменных звезд.

Исключительно важной (и исключительно трудной!) была работа Цераского по определению видимой звездной величины Солнца. Трудность поставленной им задачи легко представить, вспомнив, что Солнце в 100 млрд. раз ярче звезды первой величины и в 1,5 млрд. раз ярче Венеры, которая служила для Цераского связующим звеном между Солнцем и звездами. Подробное описание этой работы и предложенной им плоско-выпуклой линзы для получения звездообразного изображения Солнца, ослабленного в определенное число раз, приведено в «Избранных работах по астрономии» Цераского (М., ГТТИ, 1953 г.). Полученное Цераским значение видимой звездной величины Солнца  $-26^m,50$  почти совпадает с современным ( $-26^m,58$ ).

Солнце вообще занимало важное место в научных интересах Витольда Карловича. Пытаясь измерить сплюснутость солнечного шара, он построил оригинальный длиннофокусный гелио-

метр, который монтировался на трубе 10-дюймового рефрактора. Для изучения деталей солнечных пятен Цераский сконструировал особый окуляр с клином из дымчатого стекла. Большую известность приобрели его опыты по определению температуры солнечной поверхности. В фокусе метрового зеркала Цераский расплавлял все доступные ему тугоплавкие вещества. Оценивая достигнутую температуру в  $3500^\circ$ , Цераский остроумно поставленного опыта, в котором то же зеркало концентрировало лучи вольтовой дуги (температура около  $3000\text{—}3500^\circ$ ), нашел, что «температура Солнца несравненно выше чем  $3500^\circ$ ». Последующая переобработка измерений Цераского дала температуру Солнца около  $6500^\circ$ , что близко к современному ее значению. Витольд Карлович интересовался возможностью использования энергии солнечных лучей в технике. Создав установку из нескольких термоэлементов, он заставил Солнце приводить в действие электрический звонок на своем рабочем столе.

Во второй половине 70-х годов началась педагогическая деятельность В. К. Цераского на Высших женских курсах, которые были организованы не только в Москве, но и в Петербурге, Киеве рядом прогрессивных профессоров — поборников высшего образования для женщин. Программа курсов почти совпадала с университетской. С 1882 года Цераский преподает и в Московском университете; с 1884 года он — приват-доцент, а с 1889 года — профессор, читавший лекции по всем основным астрономическим дисциплинам. «Описательная астрономия», «Сферическая астроно-



■  
Астрофотометр Цельнера — Цераского для определения блеска звезд

■  
Витольд Карлович и Лидия Петровна Цераские среди московских астрономов во время посещения обсерватории Ф. А. Бредихиным в 1901 году. Сидят (слева направо): П. К. Штернберг, Л. П. Цераская, Ф. А. Бредихин, В. К. Цераский; стоят: С. Н. Блажко, С. А. Казаков, В. П. Модестов

■  
«Экваториальная камера» — светосильный астрограф, построенный в Германии. Оригинальная разработка ее конструкции принадлежит В. К. Цераскому

■  
Московская университетская обсерватория после реконструкции



ЛЮДИ  
НАУКИ

мия» и «Описание главнейших астрономических инструментов» сочетали основы наук с изложением современного их состояния и стоящих перед учеными задач. К любой лекции Цераский готовился, как к артистическому выступлению, в котором все должно быть тщательно взвешено и продумано. Блестящая форма, глубина мысли и простота изложения делали необычайно привлекательными его популярные лекции и статьи.

В 1878 году В. К. Цераский занимает должность астронома-наблюдателя, а в 1890 году становится преемником Бредихина на посту директора Московской обсерватории. В конце 90-х годов он приступает к ее реконструкции, о чем позднее говорил с удовлетворением: «Я получил обсерваторию деревянной, оставляю ее каменной». Была совершенно перестроена главная башня, венчавшая основное здание обсерватории, в ней смонтировали новый 15-дюймовый «опто-графический рефрактор», как его именовал Цераский, или двойной «большой астрограф», как его называют до сих пор. Два объектива диаметром 380 мм и фокусным расстоянием около 6,5 м были соединены в двойной трубе. По поручению Цераского П. К. Штернберг стал фотографировать на этом инструменте двойные звезды. В. К. Цераский придавал огромное значение фотографии для точных измерений в астрономии. Неоценимые достоинства фотографии он афористически суммировал следующими словами: «моментальность, панорамность, интегральность, детальность и документальность». Стоит упомянуть еще о подробной инструкции Цераского для наблюдения метеор-

ных потоков, о составленной им карте неба, удобной для нанесения метеоров и определения их радианта, об остроумном приспособлении для измерения угловой скорости метеоров. Научная деятельность В. К. Цераского получила признание. В 1914 году он был избран членом-корреспондентом Академии наук и в дальнейшем стал почетным членом ряда русских и зарубежных научных обществ.

Остановимся немного на социологических и философских взглядах В. К. Цераского. Принадлежа к национальным меньшинствам, находившимся под гнетом царской России, Цераский с сочувствием относился к революционному движению. Его доклад ученому совету университета после Декабрьских событий 1905 года («Исторический архив», № 3, 1960 г., стр. 193—196) составлен весьма объективно и с явным уважением к действиям восставшего народа. Витольд Карлович был далек от активной политической борьбы, но когда в 1911 году в знак протеста против действий реакционного министра Кассо, характеризуемых как «разгром Московского университета», многие прогрессивные профессора и преподаватели покинули университет, Цераский был с ними, отказавшись от своей должности профессора.

Тексты его книг, статей и популярных лекций отражают взгляды естествоиспытателя, которого объективное изучение природы привело к материализму. Статья о современном состоянии астрофотометрии («Русский астрономический календарь» на 1901 год) кончается очень важными для понимания его философских позиций

словами: «Звездное небо, биологические явления в тесных пределах Земли и духовная, психическая деятельность в нас самих, вместе взятые, порождают понятие о Вселенной, хотя смутное и в высшей степени неполное. Но бесконечность доступна созерцанию человека лишь в звездном небе, при том же является в нем действительно, а не как гипотеза и предположение, и отсюда уже понятие о ней законным и необходимым обобщением распространяется на совокупность жизненных и других проявлений в мире». Это, пожалуй, вполне созвучно сознательным поискам вездельных цивилизаций в нашу с вами эпоху!

Необычайные человеческие качества Витольда Карловича — доброта и неизменная забота о младших служащих обсерватории, неустанный вниманием ко всем, интересующимся наукой, ярко описаны в воспоминаниях его современников и учеников («Историко-астрономические исследования», вып. 1, 1955 г., стр. 335—342).

В 1916 году В. К. Цераский, оставив по состоянию здоровья научную работу и пост директора Московской обсерватории, выехал на юг России, в Феодосию. Лишь осенью 1922 года Витольд Карлович и Лидия Петровна вернулись к сыну, работавшему врачом под Подольском. Умер В. К. Цераский 29 мая 1925 года. Он похоронен на Ваганьковском кладбище в Москве.

Такова в кратких чертах история жизни и научной деятельности выдающегося русского ученого, одного из создателей астрофотометрии.

Доцент  
П. Г. КУЛИКОВСКИЙ



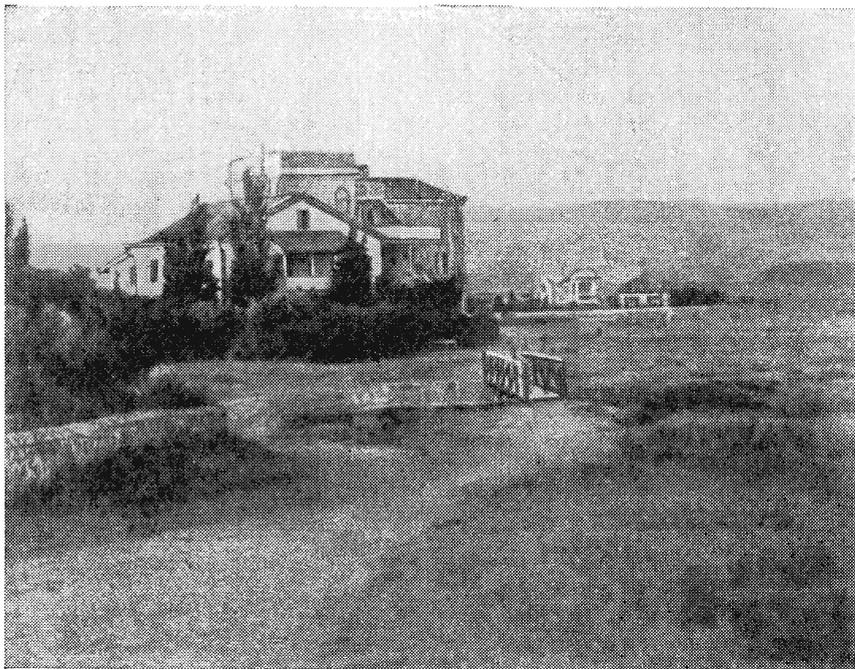
ЛЮДИ  
НАУКИ

## В. К. Цераский в Коктебеле

В 1916 году больной В. К. Цераский оставил руководство Московской обсерваторией и уехал в приморскую Феодосию, где его и застали грозные годы революции и гражданской войны. Часть этого времени Витольд Карлович и его жена Лидия Петровна прожили в Коктебеле (ныне Планерское) в доме известного поэта, художника и критика Максимилиана Волошина.

Дом этот, построенный поэтом в 1903 году на пустынном тогда берегу Коктебельского залива, пользовался большой любовью творческой интеллигенции. Здесь гостили поэты Валерий Брюсов и Марина Цветаева, художники К. Ф. Богаевский и К. С. Петров-Водкин, ученые О. Д. Хвольсон и В. К. Цераский и многие другие. Неповторимая красота киммерийского пейзажа, общество мыслящих и талантливых людей, обаяние и многогранность личности хозяина неизменно влекли к дому Волошина всех, хоть раз побывавших там.

Как следует из письма поэта, датированного 1907 годом, знакомство Цераского с Волошиным состоялось не ранее осени этого года: «...Между нами (гостями Волошина — В. Ц.) жена директора Московской обсерватории Цераского. Этим знакомством я очень счастлив, так как это дает мне возможность быть на обсерватории осенью, о чем я очень мечтал. Я получил уже приглашение». Астрономия всегда интересовала Волошина, очень любившего «прогулки по небу». Увлечение это нередко питало его поэзию, рождая удивительные, емкие и точные стихи (несколько стихотворений опубликовано в «Земле и Вселенной», № 2, 1972 г., стр. 68—69). По



свидетельству жены поэта М. С. Волошиной, это последнее качество особенно ценил Витольд Карлович: «Неточности в стихе не простил бы и Пушкину; о Ваших же стихах, Максимилиан Александрович, могу сказать, что знаю, в котором часу, в какой части неба написана каждая их строчка».

Цераские жили в доме поэта в тяжелые годы голода и разрухи. Заботы о них и других заброшенных в

этот уголок Крыма людям лежали на плечах Волошина. Он добывал для них пайки через Комиссию по улучшению быта ученых, хлопотал о необходимых жизненных мелочах, о чем с такой благодарностью вспоминала Лидия Петровна: «Наше пребывание в Крыму неразрывно связано с Вами: не было тяжелой минуты, чтобы Вы не пришли на помощь, хлопоча о муке, сахаре, керосине и т. д., без конца, и это не для нас одних, к Вам шли вереницы людей, осаждая Вас своими просьбами» (Письмо Л. П. Цераской к М. А. Волошину, 5.XI.1928).

■

*Дом Волошина в Коктебеле*



М. А. Волошин оставил нам трогательный и прекрасный стихотворный портрет В. К. Цераского тех лет:

Его я видел изможденным в кресле

С дрожащими руками и лицом  
Такой прозрачности, что он светился  
В молочном нимбе лунной седины.

Портрет Витольда Карловича Цераского (1913 г.) Портрет хранится в музее Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга

Обонпол слов таинственно  
мерцали

Водяные литовские глаза,  
Навеки затаившие сиянья  
Туманностей и звездных Галатей.

В речах его улавливало ухо  
Такую бережность к чужим словам,  
Ко всем явлениям преходящей  
жизни,  
Что умиление сжимало грудь...

В. И. ЦВЕТКОВ

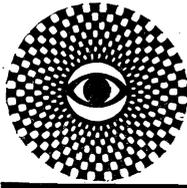
## ОСТАТОК СВЕРХНОВОЙ ИЗЛУЧАЕТ КОРОНАЛЬНЫЕ ЛИНИИ

В 1966 году член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский пришел к выводу, что остатки Сверхновых звезд, к которым относится известная волокнистая туманность в созвездии Лебедя, помимо рентгеновского излучения должны испускать свечение в корональных линиях, характерное для горячей разреженной плазмы с температурой выше миллиона градусов. Однако только недавно американским астрофизикам удалось зарегистрировать в волокнистой туманности одну из корональных линий. Эта линия с длиной волны 5303 Å, наблюдаемая также в излучении солнечной короны, принадлежит тринадцатикратно ионизованному железу.

Мощность излучения волокнистой туманности в корональной линии примерно в 400 раз меньше, чем в рентгеновском диапазоне. Используя это отношение, американские ученые определили температуру горячего газа в туманности. Она оказалась равной 2,8 млн. градусов. Прежние оценки температуры по спектру рентгеновского излучения давали почти такие же значения.

Область, занимаемая горячим газом в волокнистой туманности, ограничена относительно холодными и плотными волокнами. И хотя масса этого газа превышает массу волокон, он совершенно не виден на фотографиях, ибо такой горячий газ излучает в основном в рентгеновском участке спектра. В оптическом диапазоне горячий газ остатка Сверхновой в созвездии Лебедя лишь слабо светится в корональных линиях.

«Astrophysical Journal Letters», 188,  
79, 1974.



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ

## Новые лауреаты поощрительных премий ВАГО

На двух последних пленумах Центрального совета ВАГО, состоявшихся в Тбилиси в апреле 1973 года и в Киеве в феврале 1974 года, были присуждены поощрительные премии ВАГО из фонда, завещанного обществу львовским любителем астрономии Е. Н. Кононенко. Эти премии присуждаются раз в год по представлению отделений ВАГО «за лучшие любительские научно-исследовательские работы в области астрономии, космической геодезии, а также любительского телескопостроения, выполненные активными членами ВАГО, в том числе членами юношеских секций, по плану отделения (секции) ВАГО или по личной инициативе». Размер первой премии 200, второй — 150, третьей — 100 рублей. Работы, представляемые отделениями ВАГО, рассматривает экспертная комиссия, которую возглавляет профессор Б. А. Воронцов-Вельяминов. Ее рекомендации утверждает президиум, а затем пленум Центрального совета ВАГО.

Первая премия 1972 года присуждена Нине Поликарповне ФАСТ (Томское отделение) за составление «Каталога появлений серебристых облаков с 1885 по 1970 год» и за цикл работ по серебристым облакам.

Н. П. Фаст с 1963 года систематически наблюдает серебристые облака в Томске. К наблюдениям она привлекла молодежь, студентов и школьников. Уже в 1964 году появились ее первые публикации о серебристых облаках. Н. П. Фаст исследовала глобальное распределение серебристых облаков над земной поверхностью, связь этих облаков с параметрами ионосферы, метеорологическими ус-

ловиями, свечением ночного неба, Тунгусским метеоритом и некоторыми геофизическими и космофизическими явлениями (например, с космическими лучами, метеорами). Чтобы обнаружить связь серебристых облаков с таким большим комплексом явлений, необходим был однородный статистический материал. Вначале Н. П. Фаст собрала и каталогизировала наблюдения серебристых облаков в Сибири, затем принялась за грандиозную по своей трудности задачу выбрать из мировой литературы все данные о появлениях серебристых облаков за 85 лет (1885—1970 гг.) и составить каталог. С этой задачей она успешно справилась. Каталог был издан в 1972 году Томским университетом. В нем собрано около 5000 наблюдений серебристых облаков на всем земном шаре. Для каждого появления приведены дата, место наблюдения, его координаты (широта и долгота).

Н. П. Фаст опубликовала 19 работ по серебристым облакам, еще семь ее статей находятся в печати. Она не раз выступала с докладами на совещаниях и конференциях, посвященных природе серебристых облаков. Можно с уверенностью сказать, что Н. П. Фаст внесла заметный вклад в изучение этого интересного явления природы.

Вторая премия 1972 года присуждена Александру Сергеевичу ФОМИНУ (Ленинградское отделение) за цикл работ по телескопостроению и созданию 340-миллиметрового многопрограммного рефлектора.

А. С. Фомин занимается любительским телескопостроением с 50-х годов. За это время он построил самые разнообразные телескопы и приспособления к ним. И все они отли-

чаются превосходным качеством оптики, точными механическими устройствами и прекрасной внешней отделкой, не уступая фабричным телескопам. О конструкциях своих телескопов А. С. Фомин рассказывал в «Бюллетене ВАГО», сборнике «Любительское телескопостроение». Своим опытом он всегда делится с молодежью.

Многопрограммный 340-миллиметровый рефлектор Фомина построен таким образом, что на установку этого прибора может быть посажен либо сам телескоп, либо широкоугольная камера с небольшим гидом для звездной астрофотографии. Телескоп работает и в ньютоновском, и в кассегреновском фокусе. В последнем может быть укреплен аппарат «Зенит» для фотографирования светил. Телескоп снабжен мотором, ведущим инструментом вслед за суточным движением неба. Инструмент Фомина вместе с двумя другими советскими любительскими телескопами демонстрировался в 1972 году на Советской торгово-промышленной выставке в Париже.

Первая премия 1973 года присуждена Сергею Ивановичу СОРИНУ (Азербайджанское отделение) за организацию в Баку работы по телескопостроению и создание ряда крупных любительских инструментов.

С. И. Сорин вот уже 23 года руководит астрономическим кружком при Бакинском Дворце пионеров и школьников имени Ю. А. Гагарина. Среди построенных им или под его руководством самодельных астрономических приборов — астрографы с фокусным расстоянием от 50 до 500 мм, рефлекторы системы Ньютона (диаметром 130 и 160 мм) и системы



Кассегрена (140 и 270 мм). Летом этого года вступил в строй 260-миллиметровый рефлектор системы Нэсмита и портативный, очень легкий, но снабженный точной механикой рефлектор системы Ньютона. Начата работа над 535-миллиметровым рефлектором системы Кассегрена. Создание астрономических приборов в кружке С. И. Сорина — не самоцель. На построенных под его руководством астрографах получены прекрасные снимки неба со звездами до 14-й величины, фотографии Луны, планет. С. И. Сорин подчиняет всю деятельность кружка основному принципу — научить школьника самостоятельно работать, привить ему стремление к познанию нового. И вот результат: несколько учеников С. И. Сорина стали кандидатами наук (астрономы, физики, оптики и даже химики).

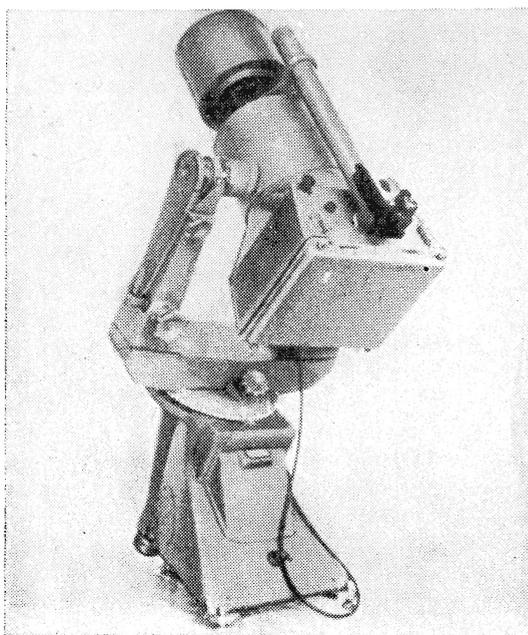
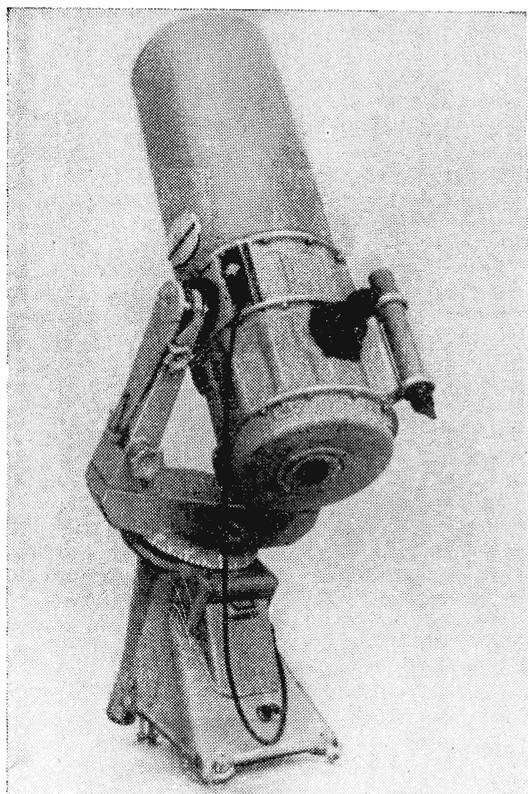
Вторая премия 1973 года присуждена Илье Исааковичу НЕЯЧЕНКО (Ялтинское отделение) за работы по истории Симеизской обсерватории и по астрономике открытых на ней малых планет.

И. И. Неяченко — профессиональный журналист. В течение 15 лет он возглавляет Ялтинское отделение ВАГО и многие годы изучает историю Симеизской обсерватории. Он собрал публикации и воспоминания симеизских астрономов и ученых, бывавших в Симеизе, а также членов семей и друзей сотрудников Симеизской обсерватории. Из этих материалов в Крымском областном государственном архиве создан специальный фонд. В распоряжении И. И. Неяченко большая коллекция фотодокументов, относящихся к Симеизской обсерватории и ее астрономам.



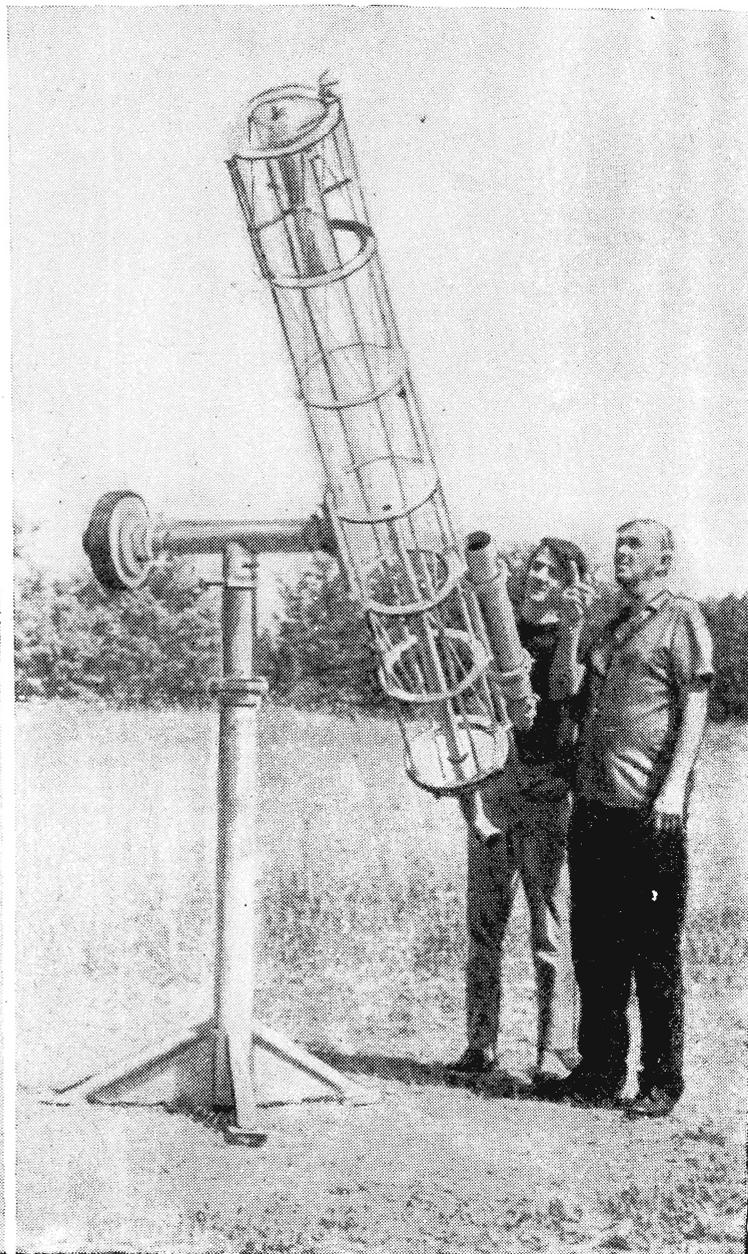
■  
*Нина Поликарповна Фаст — лауреат поощрительной премии ВАГО 1972 года*

■  
*Илья Исаакович Неяченко — лауреат поощрительной премии ВАГО 1973 года*



■ Многопрограммный 340-миллиметровый рефлектор, за создание которого Александру Сергеевичу Фомину присуждена поощрительная премия ВАГО 1972 года

■ Широкоугольная камера для звездной астрофотографии, укрепленная на установке 340-миллиметрового телескопа А. С. Фомина



■ Сергей Иванович Сорин (справа) — лауреат поощрительной премии ВАГО 1973 года — возле самодельного 260-миллиметрового телескопа

Труд И. И. Неяченко «История Симеизской астрономической обсерватории и ее место в отечественной и мировой науке» сдан в печать в «Историко-астрономические исследования». Некоторое представление о его работе можно составить по изданной им популярной книжке «Планета в дар» (Изд-во «Таврия», Симферополь, 1973 г.) и по его статье «Названия малых планет» («Земля и Вселенная», № 4, 1973 г., стр. 59—64). В них отражена вторая часть исследования И. И. Неяченко, посвященная астрономике малых планет, открытых в Симеизе.

Астрономика — наука о наименованиях небезных светил. До сих пор многие астрономы, даже специально занимавшиеся этим вопросом, не могли выяснить смысл того или иного названия ста с лишним малых планет, открытых в Симеизе. В сводке расшифровок имен всех малых планет, изданной в Бельгии испанским астрономом А. Палюзи-Борелем под редакцией бельгийского астронома Ж. Мейюса (А. Paluzie-Borrell. The Names of Minor Planets and their Meanings. Ed. J. Meeus. Antwerpen, 1963), против многих «симеизских» малых планет стоит пропуск или неверное истолкование. Теперь список поправок к этой книге, составленный И. И. Неяченко, направлен Центральным советом ВАГО Ж. Мейюсу и будет учтен при ее переиздании.

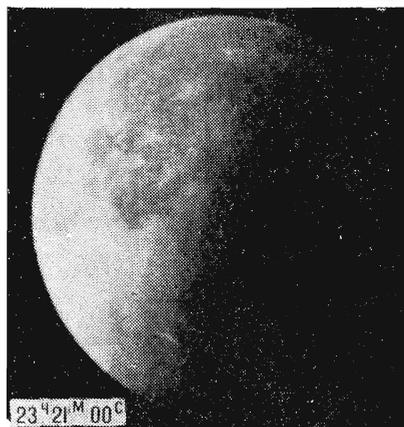
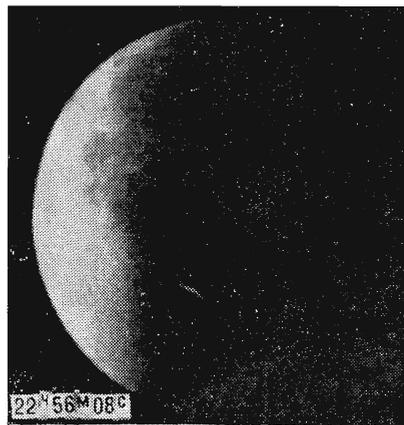
Прошло десять лет со времени учреждения поощрительных премий ВАГО. Уже вручены 17 премий, в том числе 7 первых, 6 вторых и 4 третьих. Премии получили три коллектива (от трех до 10 человек) и 14 любителей астрономии, так что общее число лауреатов достигает 31. Пять премий при-

суждены членам Московского отделения, три — членам Крымского отделения, по две — членам Ростовского и Томского отделений, по одной — членам Латвийского, Одесского, Ленинградского, Азербайджанского, Ялтинского отделений.

Наибольшее количество премий — девять — досталось любителям телескопостроения и астроприборостроения. Три премии присуждены за исследования метеоров и метеоритов, две — серебристых облаков, одна — за наблюдения планет, одна — за работы по моделированию лунных кратеров и одна — за исследования по истории астрономии.

В некоторых случаях премии присуждались «по совокупности» заслуг в различных областях деятельности. Так, В. В. Мартыненко удостоен премии за развитие любительской астрономии в Крыму и исследования метеоров, М. М. Шемякин — за развитие любительского телескопостроения в СССР и открытие цепочек лунных кратеров, С. И. Сорин — за конструирование больших любительских телескопов и за работу с молодежью. Поощрительные премии ВАГО — достойная награда и стимул для дальнейших работ любителей астрономии.

Кандидат физико-математических наук  
В. А. БРОНШТЭН

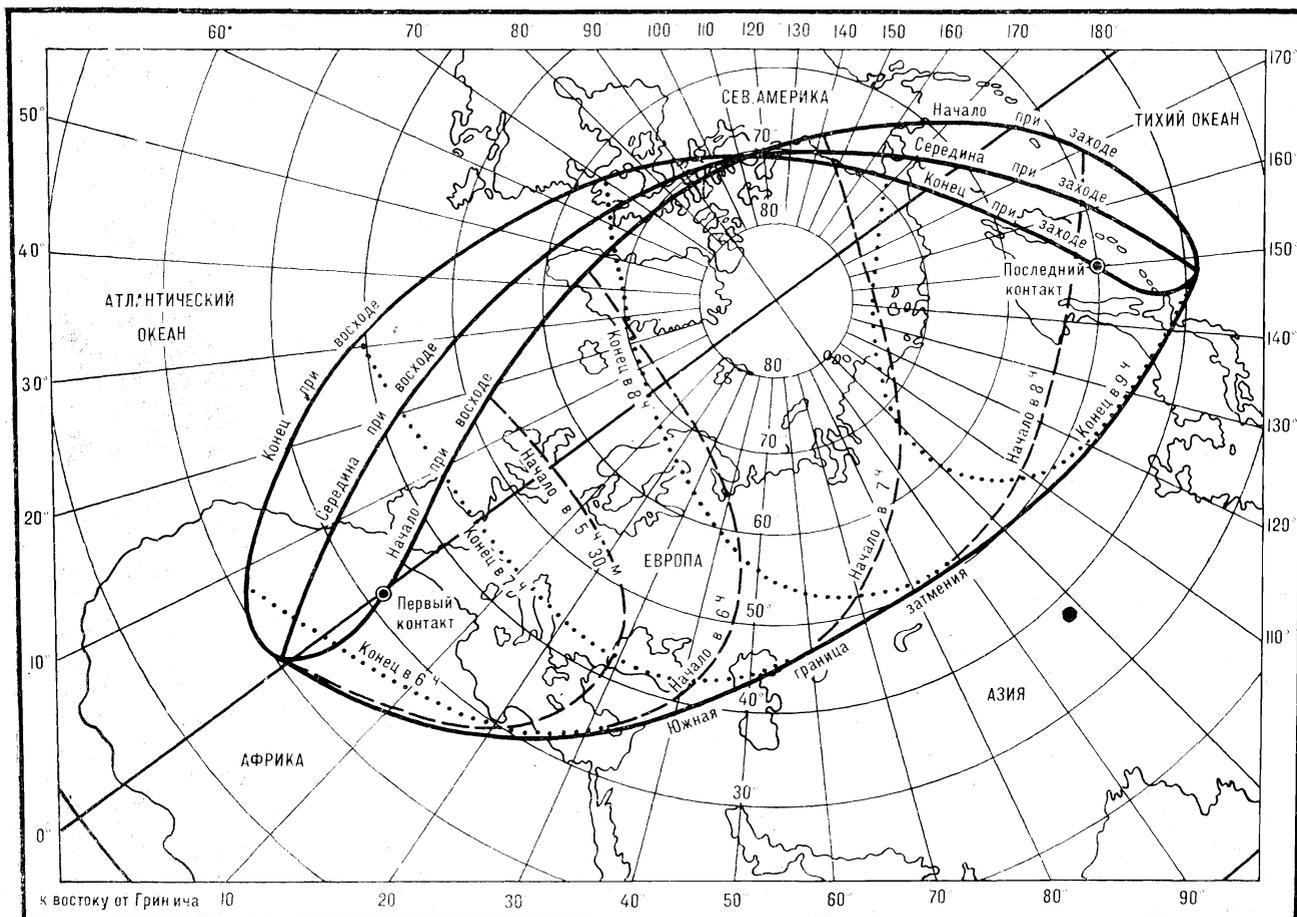


Частное лунное затмение 4 июня 1974 года (время Всемирное). Снимки получены на 13-сантиметровом телескопе АЗТ-9 любитель астрономии из Ярославля А. М. Огнев. Погода не благоприятствовала наблюдениям и удалось сфотографировать лишь конец затмения, а также отметить выход из тени Земли некоторые лунных образований



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ

## Астрономические явления в 1975 году



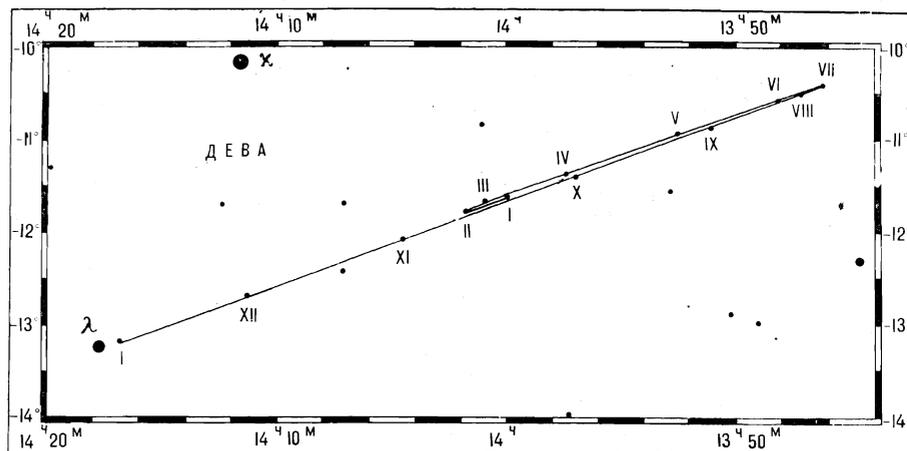
**Солнечные затмения.** 11 мая произойдет частное солнечное затмение. Южная граница видимости затмения в СССР протянется от Еревана к Караганде и Усть-Каменогорску, а в Приморском крае — к северу от Владивостока. В Москве наибольшая фаза — 0,34, в Горьком — 0,31, на Кольском полуострове — 0,5 и на Чукотке,

правда, при заходе Солнца — около 0,6. Вообще же точка максимальной фазы затмения (0,865) будет в западном полушарии.

Частное солнечное затмение 3 ноября не видим в Советском Союзе. Затмение можно наблюдать на юге Южной Америки, в Антарктиде и прилегающих к ней океанах.

**Лунные затмения.** Полное лунное затмение 25 мая не удастся наблюдать

■ *Обстоятельства видимости частного солнечного затмения 11 мая 1975 года. Моменты начала и конца затмения указаны по гринвичскому времени. Для перевода их в московское время следует прибавить 3 часа*

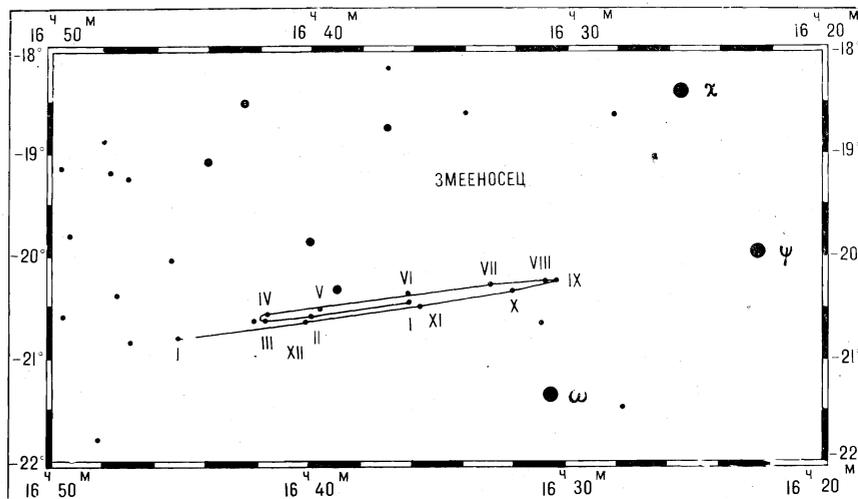


в СССР. Начало частной фазы затмения видимо перед заходом Луны в Западной Европе.

В ночь с 18 на 19 ноября произойдет еще одно полное лунное затмение. Начало частного затмения в 23<sup>ч</sup>39<sup>м</sup>, начало полного в 1<sup>ч</sup>03<sup>м</sup>, наибольшая фаза (1,431) в 1<sup>ч</sup>24<sup>м</sup>, конец полного в 1<sup>ч</sup>45<sup>м</sup>, конец частного в 3<sup>ч</sup>09<sup>м</sup> по московскому времени. Затмение видимо в Европейской части СССР, Средней Азии и Западной Сибири. К востоку от линии, проходящей через Забайкалье и Якутию, частное затмение прерывается заходом Луны, а к востоку от линии, соединяющей Дальний Восток и Магаданскую область, полное затмение прерывается заходом Луны.

**Планеты.** В январе лучше всех других планет виден Сатурн. Противостояние его приходится на 6 января. Путь Сатурна лежит высоко в южной части небосвода, в созвездии Близнецов. На юго-западе в созвездии Водолея виден по вечерам Юпитер. В первой половине января в лучах вечерней зари появится Венера, а во второй половине января — правее и ниже Венеры — Меркурий. Видимость Меркурия закончится в последних числах января.

Вплоть до мая месяца условия для наблюдений Венеры будут улучшаться. На протяжении всего мая в средних широтах СССР Венера заходит около полуночи. Ее путь пройдет по



созвездиям Козерога (до 27 января), Водолея (до 16 февраля), Рыб (до 18 марта), Овна (до 9 апреля), Тельца (до 9 мая), Близнецов (до 3 июня),

■ Видимый путь Урана среди звезд в 1975 году. Указано положение планеты на первое число каждого месяца. Звезды нанесены до 7-й величины

■ Видимый путь Нептуна среди звезд в 1975 году. Отмечено положение планеты первого числа каждого месяца. На карте нанесены звезды до 8-й величины

Рака (до 24 июня). 17 февраля она переронит Юпитер, 24 мая — Сатурн. Юпитер можно наблюдать по вечерам до марта. Сатурн — до июня. В конце апреля начнется вторая в этом году вечерняя видимость Меркурия, более благоприятная, чем в январе; она закончится в последних числах мая.

Весной особенно хорошо видны Уран и Нептун. Первый из них будет в противостоянии 21 апреля в восточной части созвездия Девы, а второй — 1 июня в созвездии Змееносца, выше звезды Антарес (α Скорпиона). Наблюдать их в это время можно в светосильный бинокль.

## Пропаганда геодезических знаний

### ГЕОДЕЗИЯ В ШКОЛЕ

Стремясь помочь школе в проведении специального факультативного курса, Омское отделение ВАГО подготовило для ряда школ Омска вариант программы по «Основам геодезии и картографии». Школы, которые включают в свои занятия эту программу, обеспечиваются не только геодезическими инструментами, учебными аэроснимками с комплектами карт, но и аэроснимками знакомой территории. Как правило, программа рассчитана на два года. (84 учебных часа); предусматривает она и практические работы на местности, и решение инженерных задач.

Первое занятие посвящается аэровизуальным наблюдениям города или села с самолета АН-2. Учащиеся опознают знакомые ориентиры и сравнивают зрительно воспринимаемые изображения местности с аэрофотоснимком. У школьников повышается интерес к предмету обучения с первых же занятий. На последующих занятиях в полевых условиях они приобретают навыки ориентирования на местности по снимку, опознают объекты, ходят по заданным маршрутам, осваивают условные знаки, которые помогают читать план местности.

Хотелось бы «вооружить» школы геодезическими полигонами, оборудованными по примеру географической площадки.

### О ПРЕПОДАВАТЕЛЯХ ГЕОДЕЗИИ

В Омском педагогическом институте имени А. М. Горького в счет педагогической практики студентам предлагают руководство группой учащихся

Почти всю первую половину года Марс наблюдать не удастся.

В июне продолжится вечерняя видимость Венеры. В средней полосе СССР она закончится в июле, в южных широтах — в августе. Марс и Юпитер во второй половине июня можно найти недалеко друг от друга в лучах утренней зари. 16 июня Марс в своем движении перегонит Юпитер. В июле обе планеты восходят перед полночью и к рассвету поднимаются достаточно высоко. Во второй и третьей пятидневках июля по утрам в южных широтах СССР виден Меркурий.

Вторая половина года более благоприятна для наблюдений ярких планет. Марс все это время виден очень хорошо, так как имеет северное склонение, увеличивающееся к концу года до  $+26^\circ$ . Противостояние его будет 15 декабря. В июле Марс окажется в созвездии Овна, 5 августа переместится в созвездие Тельца, 16 октября — в созвездие Близнецов. 6 ноября Марс изменит прямое движение на попятное и 26 ноября возвратится в созвездие Тельца. Наименьшее расстояние Марса от Земли 9 декабря составит 85 млн. км. Блеск Марса достигнет блеска Сириуса. Почти так же хорошо будет виден и Юпитер. В 1975 году он перейдет в северное полушарие. Противостояние его наступит 13 октября в созвездии Рыб. В это время склонение планеты  $+6^\circ$ , а звездная величина достигнет максимального значения ( $-2^m,5$ ), поскольку Юпитер будет близок к перигелию.

В начале августа на рассвете появляется Сатурн; со второй половины сентября он восходит до полуночи. Планета располагается между созвез-

диями Близнецов и Рака, противостояние произойдет 20 января 1976 года.

В пятой и шестой пятидневках октября по утрам можно наблюдать Меркурий.

Венера после нижнего соединения 27 августа будет видна с середины сентября и до конца года в утренние часы. В сентябре рекомендуем провести наблюдения серповидной фазы планеты в телескоп с 10—15-кратным увеличением. Наибольшего блеска Венера достигнет 3 октября, наибольшей элонгации — 7 ноября. В конце сентября и в первых двух декадах октября Венера пройдет между созвездиями Льва и Секстанта. 21 октября она вступит в юго-восточную часть созвездия Льва, 2 ноября — в созвездие Девы и 12 декабря в созвездие Весов.

В последних числах декабря начнется вечерняя видимость Меркурия.

**Астероиды.** В январе 1975 года к Земле приблизится малая планета (433) Эрос. Она имеет 7—8-ю звездную величину и очень быстро перемещается среди звезд. 21 января Эрос будет находиться около звезды Поллукс ( $\beta$  Близнецов), а 10 февраля — около звезды Процион ( $\alpha$  Малого Пса).

**В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ**

Омская Областная организация общества „Знание“  
Омское отделение Всесоюзного астрономо-геодезического общества

# ПЛАН

## геодезического лектория на 1974 год

Тема лекции	Лектор	Дата
1. Фотогеодезическая съемка	Доктор М. А. ПЛАТОНОВ С. П. ДРОЗДОВ А. П. КОЗЛОВ	08.09
2. Использование материалов аэрофотосъемки при методических изысканиях	Доктор М. А. ПЛАТОНОВ С. П. ДРОЗДОВ А. С. КОЗЛОВ	14.02
3. О системе допусков на геодезические и монтажные работы в строительстве	Ассистент Ю. В. СТЕПАНОВ	14.03
4. Размножение фото-материалов	С. Я. КРОКОТИН В. А. РАДЧИКОВ	28.03
5. Полная математическая обработка нивелирной сети на ЭВМ	Доктор А. И. БАРАБАНОВ	31.04
6. Построение фотограмметрических сетей методом независимых моделей	Лектор А. И. БАРАБАНОВ	16.05
7. О допустимых свободных членах условных уравнений геодезических сетей	Доктор А. А. КОЗЛОВ	13.06
8. Определение истинного азимута	Доктор Н. С. ИВАНОВ	12.07
9. Астрономическая служба мира (150-летие Пулковской обсерватории)	Инженер-геодезист В. В. ПЕТУХОВ	09.09
10. Новые виды микробарометров	Профессор А. И. КОЗЛОВ	27.11
11. Применение искусственных спутников для целей геодезии	Доктор В. С. МЕШАЛКИН	12.02

Лекции 1, 2, 3, 5

Лекция 3, 6

Лекция 1, 8

Лекция 2, 4

Лекция 9

Лекции 1 и 2 в здании Сельской средней школы №10 (ул. Коммунаров, 10)  
Лекция 3 в здании Омского государственного педагогического института им. К. Либанова (пр. Мира, 30)  
Лекция 4 в здании Омского государственного технического университета (пр. Энергетиков, 10)  
Лекция 5 в Омском государственном педагогическом институте им. К. Либанова (пр. Мира, 30)  
Лекция 6 в ИСГАТИ

Начало лекций в 17 часов

на факультативных занятиях по геодезии в течение всего года. Окончив институт, эти студенты становятся активными проводниками идеи факультативности курса геодезии в средней школе.

В 1973 году прошел трехдневный семинар для учителей географии, впервые организованный в Омске Институтом усовершенствования учителей и кафедрой инженерной геодезии Сибирского автомобильно-дорожного института имени В. В. Куйбышева. В семинаре приняли участие 15 учителей географии из городских школ и 7 учителей из районов области.

Учителя геодезии могут успешно повышать свою квалификацию и в университетах научных знаний, создаваемых для преподавателей средних школ. При определении тематики лекций здесь учитываются содержание новой программы по географии и предложения, внесенные учителями. В программу включены следующие темы: «Новые идеи в геодезии», «Изображение земной поверхности на плоскости», «Системы координат, ориентировочные углы, изображение рельефа на плане». Лекции читались, например, такие, как «Учение о современных движениях земной коры» и «Аэрофотосъемка — новый метод географических исследований».

Учителя знакомятся с возможностью использования аэроснимков в школьной географии. Этому вопросу была посвящена и межвузовская научная конференция в Омске, а также изданный Омским отделением ВАГО совместно с Омским педагогическим институтом имени А. М. Горького сборник «Аэрофотосъемка в преподавании географических дисциплин».

Налаживаются связи ВАГО с учителями географии и астрономии сельских школ. Начали практиковаться выезды в районы области для работы с учителями и встречи с учащимися. Впервые был организован семинар учителей астрономии сельских школ. Семинару предшествовало анкетирование среди учителей астрономии.

### ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ — НАСЕЛЕНИЮ

Геодезисты участвуют в специальном лектории, организованном Ом-

Афиша Омской областной организации общества «Знание»

ской областной организацией общества «Знание» РСФСР для учителей географии. В организации пропаганды геодезических знаний среди школьников большая роль отводится геодезическим кафедрам институтов.

В Омске создается геодезический музей на общественных началах. Музей «прописан» на кафедре инженерной геодезии Автомобильно-дорожного института. Его совет возглавляет известный омский топограф В. А. Зарайский. В музее уже есть экспонаты: старинные геодезические инструменты; интересные документы времен первых пятилеток развития народного хозяйства СССР; редкие геодезиче-



НАРОДНЫЕ  
ОБСЕРВАТОРИИ  
И ПЛАНЕТАРИИ

## Народная обсерватория в Смоленске

ские книги; фотокопии карт из знаменитой «Хорографической чертежной книги Сибири», созданной пионером русской картографии Семеном Ремезовым; портреты видных геодезистов.

Уже третий год работает геодезический лекторий Омского отделения ВАГО и областной организации общества «Знание». При выборе тем лекций учитываются запросы производства. В последний год практикуется чтение лекций непосредственно на геодезических предприятиях. Для пропаганды геодезических знаний используется и голубой экран. Телезрители знакомятся с омскими геодезистами-первопроходцами, узнают об увлекательных путешествиях, открытиях. Одно из заседаний телевизионного клуба «За далью — даль» было посвящено Михаилу Васильевичу Певцову, исследователю Центральной Азии, географу и геодезисту, автору известного астрономического способа определения географической широты. М. В. Певцов жил в Омске почти 12 лет.

Деятельность Омского отделения ВАГО в пропаганде геодезических знаний очень разнообразна. Организуются выступления членов общества в печати и по радио, встречи ветеранов-геодезистов, участников первых пятилеток, проводятся и другие формы работы. Омское отделение ВАГО планирует еще многое сделать для расширения пропаганды геодезических знаний.

Доктор географических наук  
Д. Н. ФИАЛКОВ  
В. В. РЫЧКОВ

В начале 1973 года в парке, расположенном в центре Смоленска, было завершено строительство небольшого красивого здания народной обсерватории.

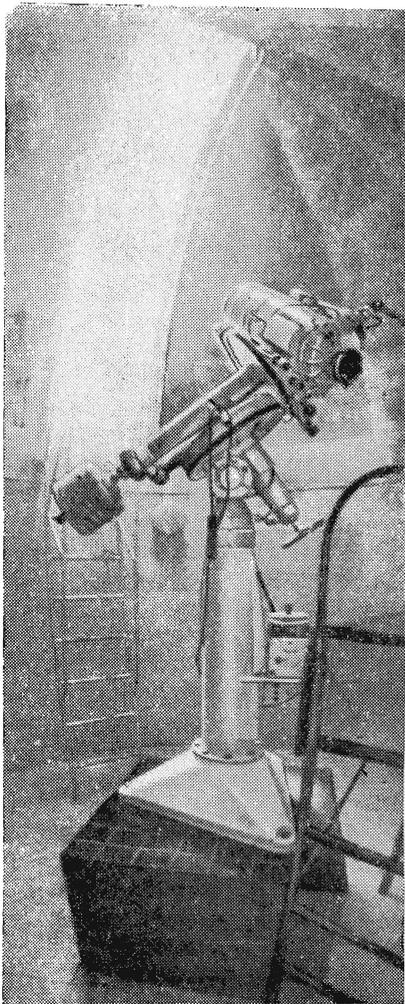
Вскоре в ее астрономических башнях установили два 20-сантиметровых телескопа (АЗТ-7). В обсерватории была оборудована фотолаборатория и две рабочие комнаты; в лекционном зале, вмещающем 50 человек, появились наглядные пособия и проекционная аппаратура. На крыше первого этажа устроили наблюдательную площадку, где был установлен нитяной пассажный инструмент. К астрономическим башням и наблюдательной площадке подведен ток, линии связи соединяют их с печатающим хронографом. Кроме того, в распоряжении обсерватории свыше десяти малых телескопов школьного типа, зрительные трубы АТ-1, ТЗК, теодолиты, астрографы для фотографической службы неба, зеркальные фотоаппараты. Все это оборудование народная обсерватория получила от Смоленского педагогического института, Центрального совета ВАГО и Астрономического совета АН СССР.

Народная обсерватория уже действует, и все больше любителей астрономии и просто любознательных людей приходят сюда в ясные вечера. При обсерватории работают два астрономических кружка юношеской секции Смоленского отделения ВАГО и один кружок, в котором занимаются рабочие и служащие различных

предприятий Смоленска. Для желающих устраиваются экскурсии по обсерватории. После 20-минутной беседы в лекционном зале они принимают участие в наблюдениях звездного неба.

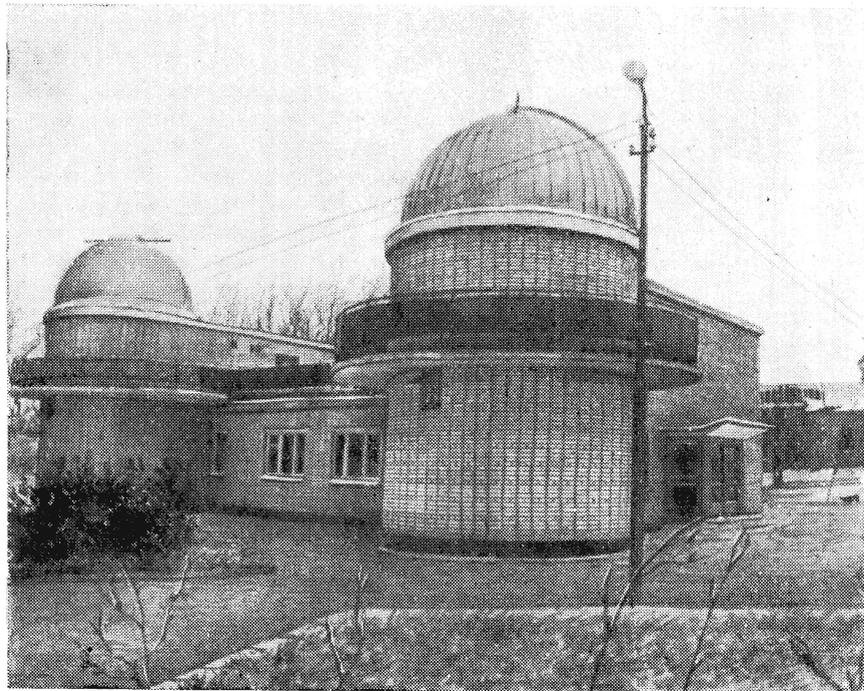
Посещают обсерваторию и учителя астрономии, чтобы получить консультацию или заимствовать какое-либо наглядное пособие. В ноябре 1973 года в народной обсерватории состоялся двухдневный семинар преподавателей астрономии. Его организаторами были Институт усовершенствования учителей, Смоленское отделение ВАГО и Учебно-методическая секция Центрального совета ВАГО. В работе семинара участвовало 30 учителей районных школ и 15 учителей школ города Смоленска. Они слушали лекции и выполняли практические задания. Будущие учителя астрономии — студенты физико-математического факультета Смоленского педагогического института — проводят в обсерватории фотографические наблюдения по программе своих курсовых работ.

Завершение строительства и оборудование народная обсерватория — это первый этап в создании Смоленского астрономического комплекса, в который еще войдет городская планетарий. Решение о его строительстве было принято в 1962 году. Небезынтересно проследить, как претворилось в жизнь это решение. Лишь в 1965 году удалось заказать в Ленинградском оптико-механическом объ-



единении 20-сантиметровые телескопы. В 1967 году они прибыли в Смоленск. В 1970 году была заказана проектная документация институту Смоленскгражданпроект. В основу был положен один из типовых проектов народной обсерватории, разработанных Одесским инженерно-строительным институтом. Проект несколько видоизменили — добавили еще одну башню. В начале 1971 года наконец разрешился вопрос о финансировании строительства обсерватории на паевых началах крупными Смоленскими заводами и организациями. К июню 1971 года подготовили всю проектную

Один из двух 20-сантиметровых телескопов народной обсерватории



документацию и начались строительные работы. Большую помощь в строительстве оказал горком КПСС.

Сооружать обсерваторию помогали студенты Смоленского педагогического института. Весь третий, трудовой, семестр работал здесь студенческий строительный отряд. Неоднократно проводились субботники, в которых участвовали и члены Смоленского отделения ВАГО.

Вращающиеся купола для астрономических башен изготовил Смоленский машиностроительный завод. Столь необычный заказ ему пришлось выполнять впервые.

Смоленская народная обсерватория

30 декабря 1972 года Государственная комиссия приняла здание народной обсерватории. Областное Управление культуры, в ведении которого находится обсерватория, утвердило штат из трех человек. Позднее он был расширен до шести человек (вместе с обслуживающим персоналом). Но и этот штат едва справлялся с нарастающим объемом научно-просветительской работы, хотя еще не вступил в строй планетарий. А это должно произойти, ведь в Смоленске запланирована не просто народная обсерватория, а городской планетарий с народной обсерваторией.

Председатель Смоленского  
отделения ВАГО  
А. Я. ВИРИН



## Тартуский музей астрономии

В здании старой Тартуской обсерватории в 1971 году был открыт музей астрономии. Тартуские астрономы — организаторы музея — подготовили интересную экспозицию старинных инструментов. Особая заслуга в создании музея и в его научном руководстве принадлежит сотруднику Института астрофизики и физики атмосферы АН ЭССР, кандидату физико-математических наук Х. Раудсаару.

Музей знакомит с прошлым астрономии, восстанавливая шаг за шагом историю Тартуской астрономической обсерватории за более чем 150-летний период ее деятельности. В музее ведется популярная работа: читаются лекции о планетах, малых телах Солнечной системы, звездном небе и космологии; в ясные вечера некоторые телескопы обсерватории предоставляются для наблюдения небесных объектов.

Здание музея расположено недалеко от университета, на горе Тооме. Оно возведено в 1808—1810 годах архитектором В. Краузе. Скромное, небольшое строение со своеобразным куполом, переделанным в 1824—1825 годах по проекту профессора Г. Паррота, окружено несколькими павильонами.

В 1950—1951 годах здание перестраивалось, однако восточный зал, где теперь помещается музей, остался без изменения. Вдоль длинных стен зала, вытянутых в направлении запад-восток, по три больших окна. Два противоположных окна — глухие, через них проходит меридианная щель. В середине зала установлены каменные столбы, которые служат опорами пассажного инструмента Доллонда. Небольшие астрономические приборы

размещены в шкафах; на стеллажах и витринах выставлены печатные труды и фотодокументы. Музей располагает набором плакатов и схем, необходимых для лекционной работы, а также электрофицированным макетом звездного неба, изготовленным любителями астрономии. На одной из витрин — портреты всех директоров обсерватории, и среди них портрет Василия Яковлевича Струве, деятельность которого принесла мировое признание Тартуской обсерватории.

Скромные размеры зала не позволяют одновременно показывать все имеющиеся экспонаты, поэтому в музее периодически устраиваются выставки, приуроченные к различным юбилейным датам. Сейчас здесь экспонируются материалы, посвященные 250-летию Академии наук СССР. Астрономические инструменты, витрины с фотографиями и документами помогают проследить, как развивалось одно из старейших научных учреждений России — Тартуская астрономическая обсерватория. («Земля и Вселенная», № 6, 1972 г., стр. 22—24 и № 3, 1973 г., стр. 44—48. — Ред.)

К 1802—1811 годам, к периоду временных обсерваторий, относятся два замечательных инструмента: малый зеркальный телескоп Гершеля и уже названный 8-футовый пассажный инструмент Доллонда. На пассажном инструменте 20 января 1814 года В. Я. Струве начал систематические наблюдения в обсерватории. Тогда же были приобретены деревянный октант (радиус 34 см) и земной глобус (диаметр 54 см), а несколько позднее, в 20-х годах прошлого столетия, — такие совершеннейшие для своего времени инструменты, как ме-

ридианный круг Рейхенбаха и Эртеля и 9-дюймовый рефрактор Фраунгофера. Рефрактор и сейчас поражает своеобразием и красотой отделки. Работы, выполненные на нем В. Я. Струве (открытия и измерения двойных звезд, определение параллакса Веги), явились большим вкладом в развитие астрономии.

В 1817 году вышли первые печатные труды обсерватории на латинском языке под названием «Observations». Они выставлены в витринах вместе с фундаментальными работами В. Я. Струве «Catalogus novus» (1827 г.) и «Mensurae micrometricae» (1837 г.).

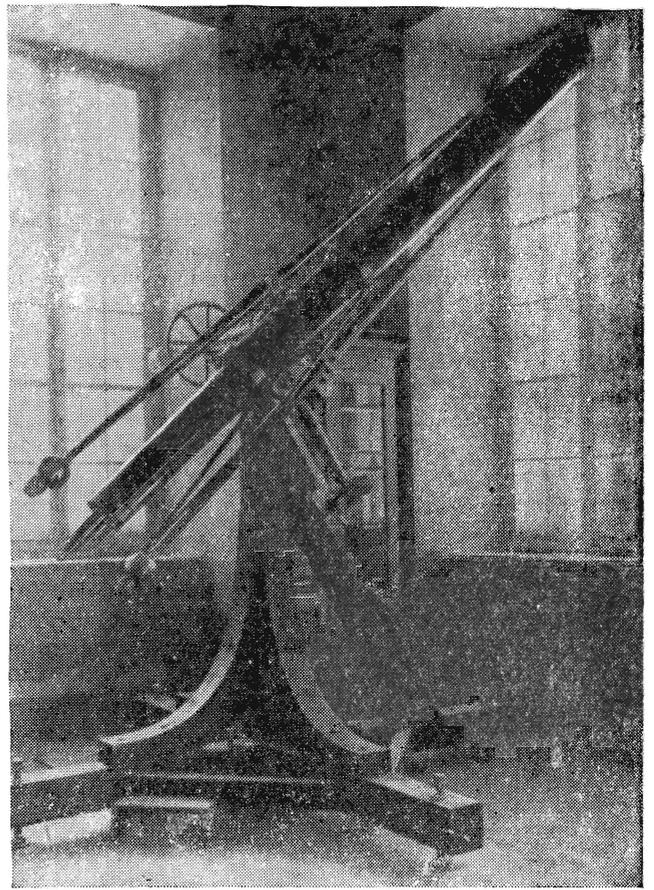
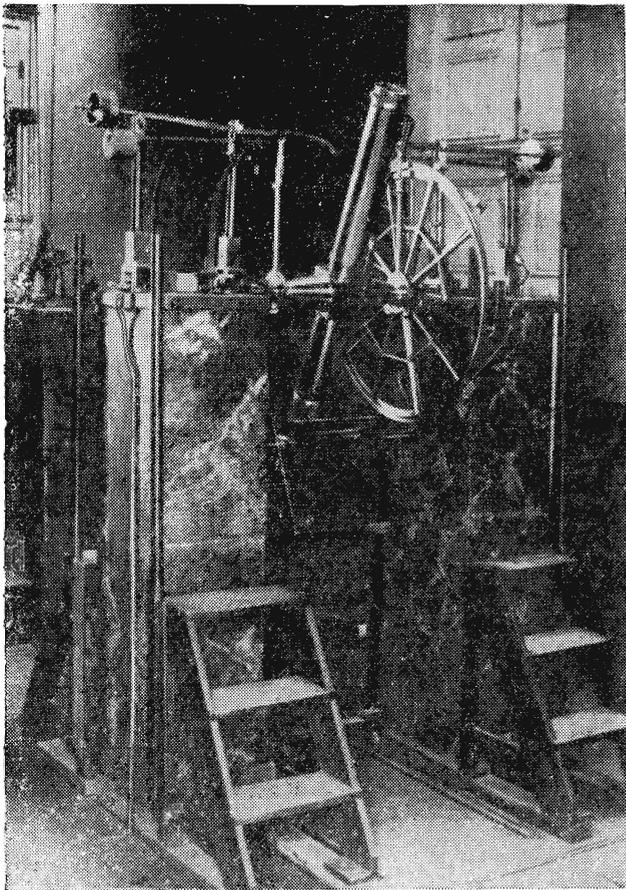
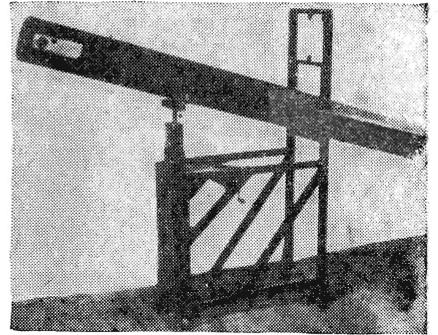
Из инструментов и вспомогательных приборов, которые появились в Тартуской обсерватории в середине прошлого века, до наших дней сохранились экзаминатор, сделанный учеником В. Я. Струве и первым ученым механиком Пулковской обсерватории У. Портом; призмный круг Штейнхейля — изящное изделие немецкого мастера; пантограф Самойлова, изго-

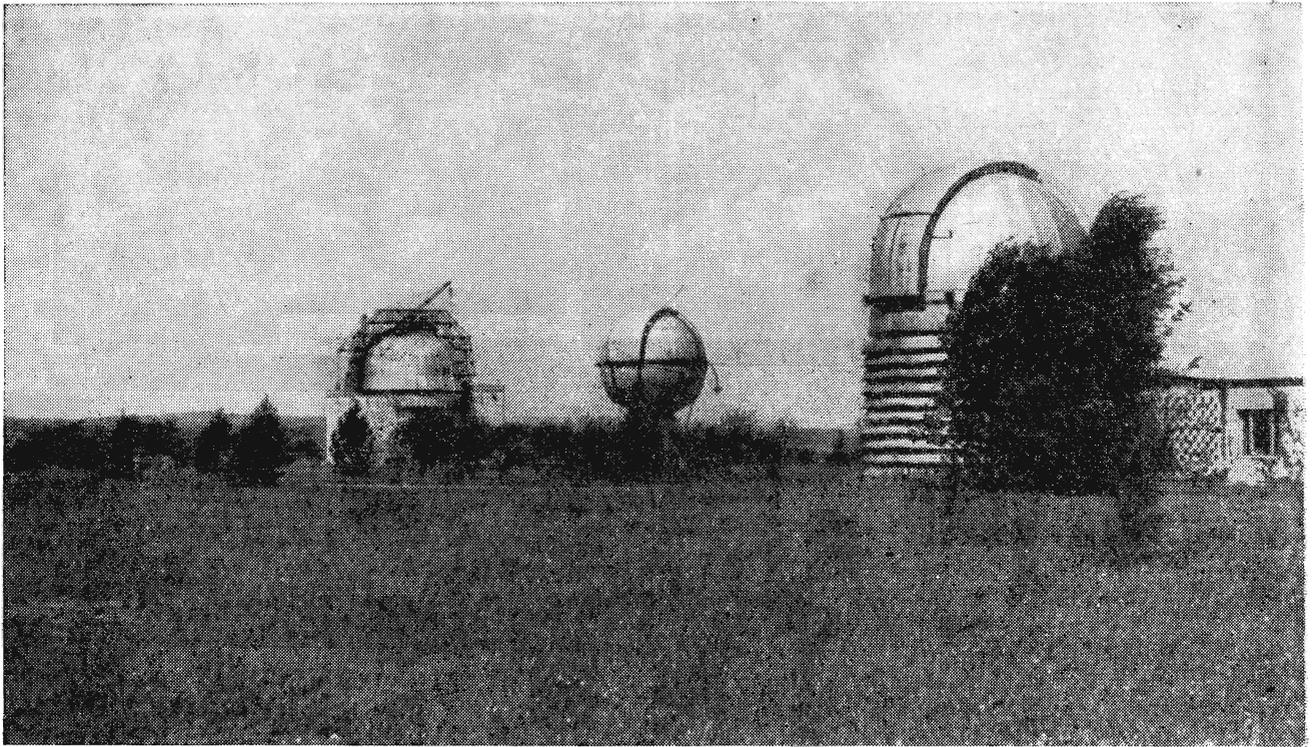
■  
*Здание старой Тартуской обсерватории (1957 г.)*

■  
*Один из старейших инструментов Тартуской обсерватории — малый зеркальный телескоп Гершеля. Диаметр зеркала 16 см*

■  
*Меридианный круг Рейхенбаха и Эртеля, приобретенный обсерваторией в 1822 году. Диаметр его объектива 11 см*

■  
*9-дюймовый телескоп Фраунгофера, установленный в обсерватории в 1824 году*





товленный на Ижорских заводах. В 1873 году оборудование обсерватории пополнилось гелиометром Репсольда — одним из пяти инструментов, специально заказанных Российской Академией наук для наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца в 1874 году. Это явление директор Тартуской обсерватории Л. Шварц наблюдал на гелиометре в Нерчинске. В 1876 году инструмент демонстрировался на Лондонской научной выставке, а в 1882 году был предоставлен французскому астроному Ф. Тиссерану, выехавшему на остров Мартиника в Карибское море для наблюдений очередного прохождения Венеры по диску Солнца.

До сих пор тартуские астрономы ведут наблюдения на 20-сантиметровом рефракторе Цейсса, приобретенном в 1911 году. Он установлен в главной башне обсерватории. В воен-

■  
*Павильоны и башни астрофизической обсерватории имени В. Струве (в Тыравере). Обсерватория была открыта 14 сентября 1964 года*

ные 1915—1916 годы этот инструмент вместе с зенит-телескопом и другим оборудованием Тартуской обсерватории совершил длительное путешествие. Зенит-телескоп, например, попал в Пермь, где на нем проводили научные наблюдения и учебные занятия со студентами университета. Потом телескоп был вывезен в Томск и лишь в 1935 году возвращен в Тарту.

Посетители музея могут ознакомиться и с самым заслуженным инструментом обсерватории — астрографом Пецваля. Изготовили астрограф сами сотрудники обсерватории. От рефрактора Цейсса была отделена 16-сантиметровая камера Пецваля и на ее базе построен новый телескоп. Заняв в 1927 году башню зенит-телескопа, астрограф находится в ней и по сей день. На астрографе ведутся наблюдения малых планет и комет.

Много изобретательности и упорства вложили сотрудники обсерватории в создание прибора для определения личной ошибки наблюдателя и прибора Оппольцера для чтения лент хронографа (Р. Ливлэндер), в изготовление объективной призмы и

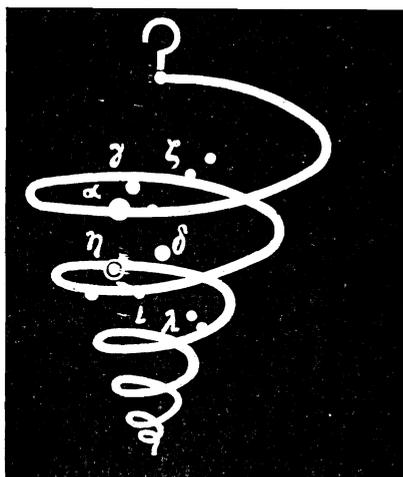
электромикротофотометра (А. Киппер). В 1920 году тартуским астрономам было передано оборудование переставшей существовать Таллинской морской обсерватории, в частности, 10-сантиметровый телескоп Фраунгофера. На этом инструменте в настоящее время демонстрируются небесные объекты.

Естественное продолжение осмотра музея — знакомство с новой Тартуской астрофизической обсерваторией имени В. Струве. Она разместилась на плато Тыравере, в 20 км к юго-западу от Тарту. За десять лет своего существования обсерватория была оснащена самым совершенным оборудованием, включая 1,5-метровый телескоп, который в ближайшее время войдет в строй.

**Кандидат физико-математических наук  
Г. А. ЖЕЛНИН**



## СУЩЕСТВУЮТ ЛИ ЦИКЛОНЫ В ГАЛАКТИКЕ?



Ответ на этот вопрос можно найти в недавно опубликованной в «Астрономическом журнале» (50, 4, 1973 г.) статье профессора В. В. Радзиевского и Е. В. Медведевой «Звездный вихрь в районе апекса Солнца». Эти астрономы начали свою работу с поисков компланарных систем визуально-двойных звезд. В настоящее время известно около 700 двойных звезд с разрешимыми в телескоп компонентами, орбиты которых вычислены более или менее точно. Во всяком случае, у этих звезд безошибочно определено в проекции на небесную сферу направление движения компонентов относительно друг друга. Двойные звезды, движение которых, как представляется земному наблюдателю, происходит против часовой стрелки, называются «прямыми», а по часовой стрелке — «обратными». Заметим, что «прямое» вращение соответствует направлению вращения всей Галактики.

Очень многие астрономы пытались найти плоскость компланарности орбит визуально-двойных звезд, то есть такую плоскость, вблизи которой концентрируются плоскости орбит двойных звезд с одинаковым

направлением движения компонентов. Поиски не увенчались успехом, и астрономы пришли к выводу, что глобальная компланарность орбит визуально-двойных звезд отсутствует.

В. В. Радзиевский и Е. В. Медведева предприняли поиски локально-компланарных систем. Они обнаружили сравнительно небольшую (площадь около 1200 квадратных градусов) область на небе с центром в созвездии Орла, где расположились 36 визуально-двойных звезд, в том числе 32 «обратных» и только 4 «прямых». Общий полюс орбит всех 36 звезд лежит на Млечном Пути, неподалеку от полюса эклиптики. Это послужило первым указанием на общее происхождение скопления звезд в созвездии Орла и Солнечной системы.

Далее авторы исследования задались вопросом, нет ли в данной области неба общего осевого вращения звезд? Для проверки сделанного предположения было рассмотрено направление движения звезд на площадке несколько больших размеров с центром в созвездии Орла. Собственные движения звезд были «очищены» от различных эффектов, а все звезды объединены в группы с более детальным разделением по ряду признаков. Вот тут-то и выяснилось, что из 130 звезд, выбранных по признаку оптимального расстояния, 96 образуют направленный по часовой стрелке (!) вихрь вокруг центра исследуемой площадки (галактические координаты центра:  $l = 55^\circ$ ,  $b = 0$ ). Здесь же, кстати сказать, находится довольно мощный галактический источник радиоизлучения, неотожествленный пока ни с каким оптическим объектом. Представляет интерес и тот факт, что апекс Солнца лежит всего на  $1^\circ$  к востоку от центра площадки.

Среднее расстояние всех 96 звезд от Солнца около 100—300 пс. Визуально-двойные звезды расположены в той же области. Следовательно, Солнце находится сейчас на краю скопления звезд с центром в созвез-

дии Орла. Расчет показывает, что через 7—9 млн. лет Солнце окажется в эпицентре звездного циклона, если это действительно циклон.

Концентрация пылевой материи в районе циклона может быть высокой. Тогда периодические прохождения Солнца через эпицентр вихря представляют большой интерес с точки зрения космогонии Солнечной системы.

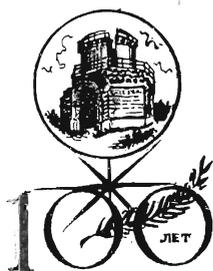
Профессор  
Р. В. КУНИЦКИЙ,  
Е. Ю. СТЕПАНОВА

## ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ СНОВА НЕ ОБНАРУЖЕНЫ

Во многих странах мира предпринимаются попытки зарегистрировать предсказанные общей теорией относительности гравитационные волны. Одним из источников гравитационных волн могут быть пульсары — быстро вращающиеся нейтронные звезды.

Американские экспериментаторы Т. Маст, Дж. Нелсон и Д. Сарлус использовали в качестве «антенны» для наблюдения этих гипотетических волн тело самой Земли. («Земля и Вселенная», № 4, 1973 г., стр. 19—25. — *Ред.*) Земная кора под действием гравитационного излучения пульсаров должна испытывать колебания. Эти колебания измерялись чувствительнейшими вертикальными сейсмометрами. Приборы установлены в двух районах штата Калифорния, которые считаются спокойными в сейсмическом отношении. Хотя чувствительность сейсмометра позволяла уловить вертикальные движения земной поверхности, не превышавшие  $10^{-11}$  —  $10^{-14}$  м (в зависимости от их частоты), никаких следов гравитационных волн не обнаружено.

«Science News», 105, 10, 1974.



## ЮБИЛЕЙ ТАШКЕНТСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ



В 1873 году начала работу Ташкентская астрономическая и физическая обсерватория. Она стала первым опорным пунктом той астрономо-геодезической сети, которую предстояло создать ташкентским астрономам на обширной территории Туркестана. Необходимость климатологического и геофизического изучения Туркестана заставила новую обсерваторию заняться метеорологическими, гравиметрическими, магнитными и сейсмическими наблюдениями. Прошло сто лет и обсерватория выросла в Астрономиче-

ский институт Академии наук Узбекской ССР. Юбилей этого старейшего в Средней Азии научного учреждения отмечался в первых числах июня 1974 года. Открывая юбилейную конференцию, президент Академии наук УзССР академик А. С. Садыхов назвал столетие Астрономического института выдающимся событием в научной жизни Узбекистана.

Наиболее яркие эпизоды вековой истории Ташкентской обсерватории нашли отражение в докладе директора Астрономического института академика АН УзССР В. П. Щеглова.

Он рассказал о самоотверженной работе русских геодезистов, которые на лошадях по бездорожью объездили весь Туркестан и определили на его территории 850 астрономических и 145 гравиметрических пунктов. Рассказал о создании вначале в Чарджуе, затем в Китабе единственной в нашей стране Международной станции службы широты, об участии

*Президиум юбилейной конференции, посвященной столетию Астрономического института АН УзССР. Выступает академик А. С. Садыхов*

ташкентских астрономов в общей гравиметрической съемке СССР, о работах по программам службы Солнца, службы широты и службы времени. Ташкентская служба времени давно славится высокой точностью, а в годы Великой Отечественной войны, когда перестали действовать службы времени в Москве, Ленинграде и Харькове, был период, в течение которого она одна снабжала всю страну моментами точного времени. Заслуги института в развитии астрономии, в приложении астрономической науки к практике, в подготовке национальных кадров отмечены высокой правительственной наградой — орденом Трудового Красного Знамени.

Судьбы многих астрономов связаны с Ташкентской обсерваторией. В годы войны в Ташкент была эвакуирована Пулковская обсерватория. Ташкентские и пулковские астрономы вместе проводили астрономические наблюдения, вместе рыли арыки и возделывали огороды. В память о содружестве двух обсерваторий, начавшемся в тяжелые военные годы, в Астрономическом институте АН УзССР открыта мемориальная доска.

Один из старейших инструментов Ташкентской обсерватории — нормальный астрограф. За 80 лет на астрографе было получено около 3000 снимков неба. По этим снимкам ташкентские астрометристы изучают собственные движения звезд, определяют точные положения комет, больших и малых планет. Именно астрометрические работы принесли институту признание в СССР и за рубежом. Вопросы астрометрии

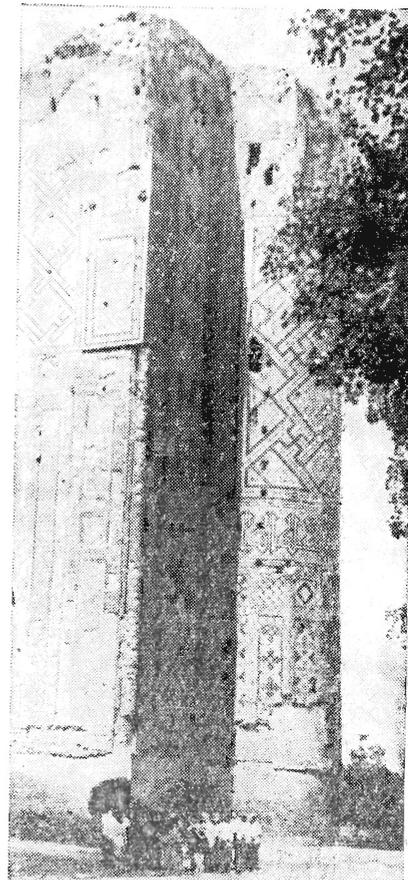
и связанные с ними проблемы небесной механики обсуждались в выступлениях члена-корреспондента АН СССР М. С. Зверева, профессоров А. Н. Дейча, Г. А. Чеботарева и И. Д. Жонголовича.

Сотрудник Астрономического института кандидат физико-математических наук А. А. Латыпов познакомил участников конференции с астрометрическими исследованиями, ведущимися в институте. Ташкентская обсерватория неизменно участвовала во всех советских и международных астрометрических мероприятиях — Каталоге геодезических звезд, Каталоге слабых звезд, службе времени и службе широты. Кстати, ей поручен самый большой объем работы по программе Каталога слабых звезд — зона от  $-25$  до  $+90^\circ$  склонения. В 1968 году на нормальном астрографе закончено фотографирование первых эпох для этого каталога. Получено 913 снимков избранных площадок с галактиками и некоторых малых планет. В 1976 году планируется начать фотографирование вторых эпох. Правда, наблюдениям на Ташкентской обсерватории сильно мешает городское освещение, поэтому нормальный астрограф собираются перенести в филиал Астрономического института — Китабскую широтную станцию. Здесь же скоро

■  
*Академик АН УзССР Владимир Петрович Щеглов в Шахрисабзе*

■  
*Шахрисабз. Арка Белого дворца Тимура*

Фото Ю. И. Продана





## БЫСТРЫЕ КОЛЕБАНИЯ БЛЕСКА НОВОЙ 1934 ГОДА

Новые звезды, как правило, двойные. Одним из компонентов такой системы всегда является белый карлик. Из бывших Новых особенно интересна Новая 1934 года — DQ Геркулеса. Как и у всех двойных систем, ее блеск колеблется с периодом, равным орбитальному. Но у DQ Геркулеса замечены еще быстрые колебания блеска, амплитуда которых всего 0,05 звездной величины и период 71 секунда. Природа короткопериодической переменности этой звезды долго оставалась неясной.

Недавно американские астрофизики провели поляризационные наблюдения Новой 1934 года. Оказалось, что излучение звезды сильно поляризовано, причем поляризованная компонента меняет свою интенсивность с периодом 71 секунда. Более того, плоскость поляризации вращается с тем же периодом. Эти данные однозначно свидетельствуют о том, что белый карлик в системе DQ Геркулеса имеет сильное магнитное поле и вращается с периодом 71 секунда. Белый карлик окружен газовым диском, в который собирается вещество, истекающее с поверхности другого компонента. Взаимодействие магнитного поля вращающегося белого карлика с газовым диском, по-видимому, и приводит к быстрым колебаниям блеска этой двойной системы. «Circular IAU», 2677, 2679, 2686, 1974.

будет установлен новый астрометрический инструмент — двойной астрограф Цейсса. Дальнейшие успехи своей наблюдательной астрономии ташкентские ученые связывают с обсерваторией, которую предполагается построить на Майданаке — горной вершине на западных отрогах Байсунтау. Астроклимат на этой вершине, как установили ташкентские и московские специалисты, один из лучших в Советском Союзе.

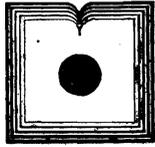
Участники конференции посетили Китабскую широтную станцию. Ее директор А. М. Калмыков показал гостям инструменты, на которых ведутся наблюдения по программе Международной службы широты, — зенит-телескоп Бамберга и отечественный зенит-телескоп ЗТЛ-180. Но гости познакомились не только с оборудованием станции. Местные и партийные руководители Китабского и соседнего Шахрисабзского районов рассказали им о задачах, которые стоят перед тружениками Кашкадарьинской области. Осмотрели участники конференции и древние памятники Шахрисабза и Самарканда. Экскурсию по памятным местам провел В. П. Щеглов. Он был свидетелем вскрытия советскими учеными гробниц Улугбека и Тимура, исследовал руины обсерватории Улугбека, поэтому смог сообщить гостям много любопытных подробностей.

Уже сорок лет имя В. П. Щеглова неотделимо от Ташкентской обсерватории. Он начал работать в обсерватории в 1930 году, возглавлял лабораторию времени, а с 1941 года — директор Ташкентской обсерватории. Вместе с юбилеем Астрономическо-

го института отмечалось и семидесятилетие академика АН УзССР, заслуженного деятеля науки УзССР Владимира Петровича Щеглова. Популяризаторская деятельность В. П. Щеглова, его работы по истории обсерватории Улугбека и Ташкентской обсерватории, издание «Звездного атласа» Я. Гевелия получили высшую награду общества «Знание» — медаль имени С. И. Вавилова. Астрономический совет АН СССР наградил В. П. Щеглова медалью за открытие новых объектов. В связи с 250-летием Академии наук Астрономический совет вручил эту медаль нескольким ученым, чья деятельность сравнима с открытием нового объекта.

Сто лет — немалый срок для научного учреждения. За эти годы сотрудники Астрономического института АН УзССР опубликовали 1100 научных работ. Это лучший показатель жизнеспособности института и залог дальнейшего успешного развития астрономических исследований в Узбекистане.

Т. В. МАВРИНА



КНИГИ  
О ЗЕМЛЕ  
И НЕБЕ

## Книги 1975 года

### ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

#### ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

В разделе учебной литературы предусмотрен выпуск трех уже издававшихся книг и одного нового учебного пособия. Третьим изданием выпускаются учебники **Г. Н. Дубошина «Небесная механика. Основные задачи и методы»** и **К. А. Куликова «Курс сферической астрономии»**. Вторым изданием выйдет **«Курс теоретической астрофизики» В. В. Соболева**. Впервые готовится к выпуску учебное пособие **В. В. Подобеда и В. В. Нестерова «Общая астрометрия»**, содержащее систематическое изложение всех разделов астрометрии в их взаимосвязи с другими науками.

Намечен выпуск двух научных монографий. Книга **А. Д. Брюно «Ограниченная задача трех тел»** рассчитана на специалистов механиков и математиков. Книга **Ж. Вокулера «Астрономическая фотография»** (перевод с английского) систематизирует и обобщает данные о применении фотографии в астрономических наблюдениях. Она снабжена обширным иллюстративным материалом и доступна квалифицированным любителям астрономии.

Готовится 79 выпуск ежегодного **«Астрономического календаря»**. Он будет содержать эфемериды, обзорные, юбилейные статьи, а также библиографию.

По разделу научно-популярной литературы готовятся две новые книги и три переиздаются. Интересно задумана книга **Е. А. Гребеникова и Ю. А.**

**Рябова «Поиск и открытия планет»**. Опираясь на большой материал, авторы рассказывают, как были открыты планеты, невидимые невооруженным глазом,— Уран, Нептун и Плутон, о поисках других планет и о законах движения тел Солнечной системы.

Книга **В. В. Казютинского и В. Н. Комарова «Взрывающаяся Вселенная»** посвящена революции в современной астрономической науке и новым представлениям о Вселенной.

Готовится к выпуску третье издание **«Наблюдения звездного неба» М. М. Дагаева** и **«Сокровища звездного неба» Ф. Ю. Зигеля**. Книга Ф. Ю. Зигеля будет иметь подзаголовок **«Путеводитель по созвездиям и Луне»** (в ней добавлен специальный раздел, посвященный описанию лунной поверхности).

Вторым изданием выходит книга **В. Г. Демина «Судьба Солнечной системы»**, рассматривающая проблему устойчивости Солнечной системы и результаты исследований движения отдельных групп входящих в нее тел.

Предварительные заявки на эти издания в магазины «Союзкниги» и «Академкниги» будут способствовать правильному определению тиражей.

**И. Е. РАХЛИН**

#### РЕДАКЦИЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Кратко расскажем о некоторых книгах, посвященных исследованию кос-

мического пространства, астрономии и геофизики.

**Д. В. Богданов. Тропический океан.**

Изучение тропической зоны Мирового океана имеет существенное научное и прикладное значение. Здесь можно наблюдать такие явления и процессы, которых не бывает в высоких широтах. В книге рассматривается природа пока еще малоисследованной тропической зоны Мирового океана, анализируются ее специфические особенности, говорится о том большом вкладе, который внесли в изучение тропического океана советские ученые.

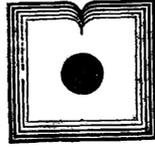
**Г. П. Вдовыкин. Экзобиология Луны.**

Исследования Луны и ее вещества, доставленного на Землю с помощью автоматических и пилотируемых космических станций, позволили выяснить основные вопросы экзобиологии (космической биологии) Луны. Они прежде всего касаются условий пребывания человека на Луне и присутствия органогенных химических элементов.

**Ю. И. Зайцев. Спутники «Космос».**

16 марта 1962 года начал орбитальный полет первый искусственный спутник Земли серии «Космос». Программа исследований, выполняемая советскими учеными с помощью спутников этой серии, весьма разнообразна. Читатели познакомятся с программой, с устройством спутников серии «Космос», составом служебной и научной аппаратуры и узнают о важнейших научных результатах.

**Н. И. Идельсон. Этюды по истории планетных теорий** (из истории механики и астрономии XVI—XIX вв.).



КНИГИ  
О ЗЕМЛЕ  
И НЕБЕ

Эта книга, принадлежащая перу известного советского астронома профессора Н. И. Идельсона (1885—1951), состоит из отдельных историко-научных очерков-этиюдов, в которых в увлекательной форме рассказывается о классических теориях небесной механики (теории тяготения, теории фигуры Земли, теории движений небесных тел).

**И. А. Резанов. Атлантида: фантазия или реальность!**

На основании имеющихся геологических и археологических данных восстанавливается обстановка катастрофического извержения вулкана Санаторин в Эгейском море в XIV в. до н. э., вызвавшего гибель критомикенской цивилизации. Автор анализирует возможные причины исчезновения Атлантиды, рассказывает о новейших океанологических и геофизических исследованиях в Атлантическом океане и Средиземном море.

**И. И. Черкасов, В. В. Шварев. Грунт Луны.**

Это — обзор развития представлений о лунном грунте за последние двадцать лет, в котором излагаются способы исследования грунта автоматическими станциями и луноходами, даются сведения о наземных лабораториях и их научном оборудовании для изучения грунта.

**В. И. Яздовский. Искусственная биосфера.**

Профессор В. И. Яздовский посвятил свою книгу проблеме искусственной биосферы. Искусственная биосфера — сложный комплекс условий, необходимых для нормального функционирования живого организма в

малом замкнутом объеме (космические корабли, подводные лодки, межпланетные станции). В книге рассказывается о способах обеспечения основных физиологических потребностей человека, даются возможные схемы искусственного круговорота химических элементов и соединений.

Читателям журнала «Земля и Вселенная» будут также интересны следующие издания:

**И. И. Карпов, Ю. Н. Лисневский, Кварки.**

**Б. Г. Кузнецов. История философии для физиков и математиков.**

В научно-биографической серии выйдут подробные биографии Константина Эдуардовича Циолковского и Владимира Ивановича Вернадского. Первая — написана А. А. Космодемьянским, вторая — Н. И. Мочаловым.

**В. П. ЛИШЕВСКИЙ**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»**

Книга А. Аллера «Атомы, звезды, туманности» будет интересна тем, кто не является астрономом, но интересуется астрономическими проблемами. Многим эта книга известна: она выходит у нас вторым изданием.

«Физика космических рентгеновских лучей,  $\gamma$ -лучей и частиц высокой энергии» Р. Грайзена может служить хорошим введением в современное состояние астрофизики высоких энергий.

О современной физической теории построения картины эволюционирующей Вселенной рассказывает «Физическая космология» П. Пиблса.

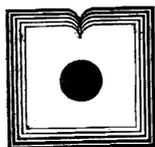
Английский астрофизик Р. Тейлер в книге «Происхождение химических элементов» рассказывает, как, когда и где образовались химические элементы, из которых состоят Солнце, звезды, Земля и планеты. Значительная часть книги доступна выпускникам средней школы.

Вторая часть фундаментального труда С. И. Акасофу и С. Чепмена «Солнечно-земная физика» (первая вышла в 1974 г.) подводит итоги исследованиям в области солнечно-земной физики. Энциклопедический характер книги, простота и доступность изложения привлекут к ней внимание не только специалистов, но и студентов.

В монографии «Белые карлики» (под редакцией У. Лейтона) собраны новые наблюдательные и теоретические результаты исследований. Она рассчитана на физиков и астрофизиков — студентов старших курсов, аспирантов, научных сотрудников.

Авторы книги «Черные дыры, гравитационные волны и космология» — выдающийся физик Дж. Уилер, профессор Принстонского университета Р. Руффини и астроном М. Рис из Кембриджского университета — поставили целью дать обзор нынешнего состояния релятивистской астрофизики. Книга представляет большой интерес для физиков и астрономов.

«Луна» (под редакцией С. Ранкорна и Г. Юри) охватывает все основные направления современных лунных исследований, в том числе всесторонний анализ доставленных на Землю образцов лунных пород.



КНИГИ  
О ЗЕМЛЕ  
И НЕБЕ

С успехами в изучении Луны и планет Солнечной системы знакомит сборник статей «Приливы и резонансы в Солнечной системе».

В сборник трудов Бюраканской конференции по проблемам связи с внеземными цивилизациями «Проблемы СЕТИ» войдут доклады видных советских и американских ученых — В. А. Амбарцумяна, И. С. Шкловского, В. Троицкого, У. Крика, К. Сагана и др.

Обзору современных знаний об атмосферах Земли, Марса, Венеры, Юпитера и т. д. посвящена книга Р. Гуди и Дж. Уолкера «Атмосферы».

Искусственные спутники Земли открыли новые возможности для точного определения формы и размеров Земли. В коллективной монографии «Использование искусственных спутников для геодезии» (под редакцией Б. Човица и С. Хенриксена) отражен значительный прогресс в области спутниковой геодезии.

Термосфера — область верхней атмосферы, в которой происходит быстрое увеличение температуры с высотой из-за поглощения солнечного излучения. Именно в этой области отмечались внезапные «разогревания» после мощных солнечных вспышек, а также меняющиеся со временем года ветры, достигающие сотен метров в секунду. Результаты исследования термосферы описаны в книге (под редакцией У. Узбба) «Термосферная циркуляция».

В разделе учебной литературы будет опубликована книга бельгийского геофизика П. Мельхиора «Физика и динамика планет». Она содержит изложение новейших данных и теорий

по динамике и физике планет и Земли. Книга послужит руководством для студентов-астрономов, геофизиков, гравиметристов и геодезистов.

Популярное изложение новой теории развития земной коры, получившей название глобальной тектоники и дающей ряд оригинальных объяснений процессов формирования современного облика Земли, читатели найдут в книге Н. Кэлдера «Беспокойная Земля».

Ч. Уитни в своей книге «Открытие нашей Галактики» рассказывает о пути человеческого познания, от представлений древних до современных космологических концепций. Она будет интересна всем любителям астрономии, студентам университетов и педагогов, а также преподавателям средних школ.

Е. П. ДЕРКАЧ

### СЕРИЯ БРОШЮР «КОСМОНАВТИКА, АСТРОНОМИЯ»

В предстоящем году будет выпущено 12 брошюр этой серии, рассчитанных на студентов, старшеклассников, учителей — на широкий круг читателей, интересующихся астрономией и космонавтикой. Эти брошюры выпускаются Всесоюзным обществом «Знание» с 1971 года. Серия в розничную продажу почти не поступает и распространяется по подписке. (Индекс «Союзпечати» 70101). Перечислим некоторые из брошюр, запланированных на 1975 год.

Г. Т. Зацепин, В. С. Березинский. Нейтринная астрономия  
Ю. И. Гальперин. Полярные сияния в магнитосфере  
Г. М. Никольский. Солнечная корона и межпланетное пространство  
Г. С. Хромов. Планетарные туманности

И. П. Тиндо. Рентгеновская астрономия

К. Я. Кондратьев. Погода на планетах

Л. А. Гильберг. Жизнь и работа в космосе

А. И. Морозов, А. И. Шубин. Космические электрореактивные двигатели

В. А. Сарычев, Л. В. Самсоненко. Методы стабилизации и ориентации спутников

Современные достижения космонавтики (сборник статей по результатам космических исследований за истекший год).

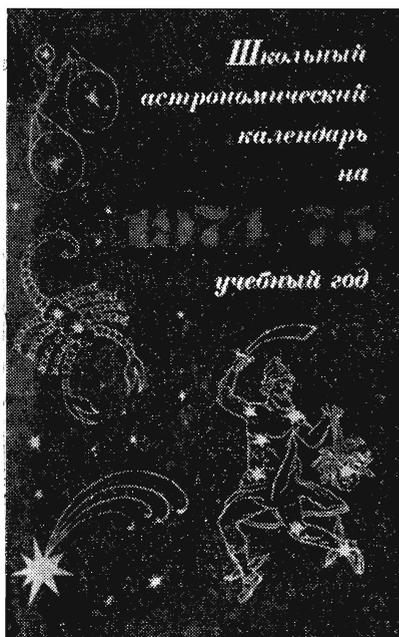
Е. Ю. ЕРМАКОВ

### НОВЫЕ КНИГИ

### ДВАДЦАТЬ ПЯТЫЙ ВЫПУСК КАЛЕНДАРЯ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ

Кажется совсем недавно наш журнал отмечал двадцатилетие «Школьного астрономического календаря» («Земля и Вселенная», 1969, № 6, стр. 92—93). В действительности же минуло пять лет, и вот сейчас школьному календарю исполняется четверть века.

Созданный по инициативе алматинского учителя В. Н. Бухмана, календарь стал одним из полезных пособий для учащихся и учителей средних школ. Со времени основания (сентябрь 1950 г.) и на протяжении 23 лет ответственным редактором и душой календаря был кандидат педагогических наук Виталий Алексеевич Шишаков (1894—1972). Заслуга В. А. Шишакова не только в том, что он лично (и самоотверженно!) участвовал в издании календаря, но и в том, что ему удалось сформировать работоспособную редакционную коллегию, в первоначальный состав которой вошли такие известные специалисты по методике преподавания астрономии в советской средней школе, как



профессора П. И. Попов и М. Е. Набоков, доцент Ф. Ю. Зигель.

Со временем состав редколлегии и авторский коллектив изменялся. В работе календаря активно участвовали кандидат физико-математических наук В. А. Бронштэн, доцент М. М. Дагаев, К. А. Порцевский, А. Б. Поляков, А. А. Каверин, А. Ф. Ларионов, В. С. Лазаревский, А. С. Шаров и С. А. Шорыгин. После В. А. Шишакова составителем календаря стал кандидат педагогических наук М. М. Дагаев. Им полностью подготовлен его двадцатый пятый выпуск.

Юбилейный номер календаря представляет собой книжку (104 страницы), в которой 20 рубрик. Чтобы иметь представление о содержании календаря, познакомимся с их названиями.

«Солнце, Луна, время». Здесь представлены таблицы с экваториальными координатами Солнца и Луны, видимым диаметром этих светил, уравнением времени, звездным временем по Гриничу, фазой Луны, геоцентрическим расстоянием Луны.

Далее идут таблицы: «Фазы Луны», «Луна в полнолунии, перигее и апогее», «Продолжительность дня и ночи». Следующие разделы — «Солнечные и лунные затмения», «Планеты» (общие условия видимости и данные о видимости Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и Плутона), «Гелиоцентрическая долгота планет», «Метеорные потоки». Затем приво-

дятся сведения о «Наиболее ярких звездах», «Двойных и кратных звездах», «Звездных скоплениях», «Туманностях» и «Переменных звездах».

Наиболее важный и полезный для читателей раздел называется «Справочник наблюдателя». Здесь на каждый месяц учебного года приводятся данные о доступных наблюдению созвездиях, двойных и переменных звездах, звездных скоплениях и туманностях, планетах и различных небесных явлениях.

Наконец, пять заключительных рубрик календаря — «Памятные даты и знаменательные годовщины в 1974/75 учебном году», «Краткая история школьного календаря», «Наблюдайте полное лунное затмение 29 ноября 1974 года», «Интересные сочетания планет», «Великое противостояние Эроса» (Эроса) и «Использование подвижной карты звездного неба» (карта прилагается к календарю).

Непрерывный рост тиража (175 тыс. экз.) свидетельствует о том, что издательство «Просвещение», составители календаря и его редакторы Н. В. Хрусталь и Л. Л. Величко оказывают большую помощь преподаванию астрономии в общеобразовательной средней школе и средних профессионально-технических училищах.

Кандидат педагогических наук  
Е. П. ЛЕВИТАН

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

Вышли в свет два руководства для учителей астрономии средних школ и преподавателей профессионально-технических училищ.

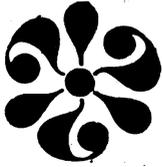
Авторским коллективом (Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов, Э. В. Кононович, К. А. Порцевский, Н. К. Семакин, Е. К. Страут и С. В. Широков) написана книга «Методика преподавания астрономии в средней школе» (Изд-во «Просвещение», 1973 г.).

В первой главе рассматриваются задачи, содержание и особенности методики преподавания школьного курса астрономии. Пять следующих глав посвящены основным темам школьного курса («Введение», «Строение Солнечной системы», «Физическая природа тел Солнечной системы», «Солнце и звезды», «Строение Вселенной. Космогония»). В заключительной (седьмой) главе, которая называется «Внеурочная работа по астрономии», сообщается об учебных лекциях по астрономии, читаемых в планетариях, а также о кружковой и факультативной работе с учащимися средней школы.

В 1974 году издательство «Высшая школа» выпустило книгу Е. П. Левитана «Преподавание астрономии в средних профессионально-технических училищах». Это учебно-методическое пособие состоит из «Введения» и пяти глав. В первой из них («Астрономия как наука и учебный предмет») рассматривается общеобразовательное значение достижений современной астрономии, цели и задачи курса астрономии, его связь с другими учебными предметами, а также ряд вопросов, связанных с научно-методической подготовкой и педагогическим мастерством преподавателей.

Вторая глава — «Формирование диалектико-материалистического мировоззрения и атеистическое воспитание учащихся». Третья глава — «Учебное оборудование» (инструменты, приборы и различные наглядные пособия, необходимые для преподавания астрономии). Четвертая глава — «Астрономические наблюдения в профтехучилищах». Заключительная глава («Уроки астрономии в профтехучилищах») посвящена анализу содержания и методике изложения основных тем курса астрономии.

Обе книги, в известной степени дополняющие друг друга, могут быть полезны не только учителям астрономии средних школ и ПТУ, но также преподавателям и студентам педагогических институтов.



ОТВЕТЫ  
НА ВОПРОСЫ  
ЧИТАТЕЛЕЙ

Расскажите, пожалуйста, о монохроматическом фильтре Шольца и коронографах, изготовленных чехословацким астрономом-любителем Германом Отавским («Земля и Вселенная», № 2, 1967 г., стр. 87—92). Опыт наблюдений протуберанцев показывает, что увидеть их во время полного солнечного затмения можно только раз-два в жизни. Поэтому и возникает вопрос: нельзя ли любителям астрономии построить приборы для наблюдения или фотографирования протуберанцев вне затмения!

Г. К. САМОЙЛОВ  
г. Рыбинск

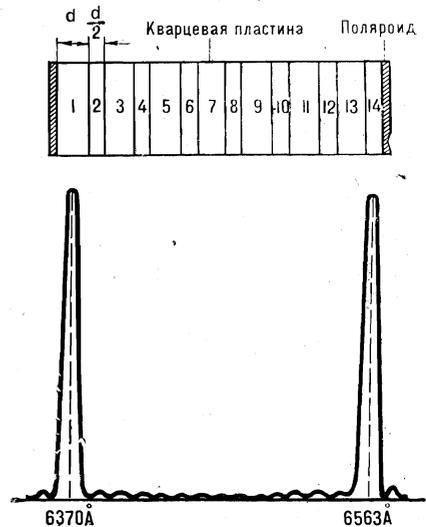
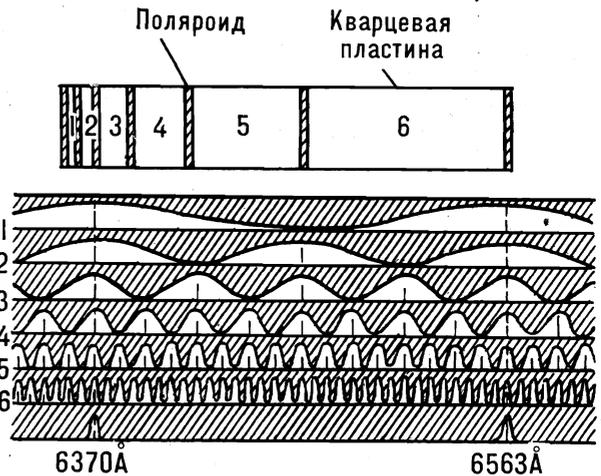
Редакция попросила ответить на эти вопросы кандидата физико-математических наук Э. В. КОНОНОВИЧА (Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга).

Монохроматический фильтр Шольца — разновидность интерференционно-поляризационного светофильтра, изобретенного известным французским астрофизиком Барнардом Лио в 1933 году. Действие фильтра Лио основано на интерференции двух различно поляризованных пучков света, на которые разделяется естественный свет в результате прохождения через плоскопараллельную пластину, вырезанную из какого-либо двулучепреломляющего вещества (кристалла кварца или шпата). Перед пластиной ставится поляроид с оптической осью, ориентированной так, чтобы интенсивность обоих лучей (их называют обыкновенным и необыкновенным) была одинакова. За пластиной помещается другой поляроид, оптическая ось ко-

торого составляет  $45^\circ$  с осью поляроида, установленного перед пластиной. Этот поляроид заставляет обыкновенный и необыкновенный лучи интерферировать. В результате блок из кварцевой пластины, заключенной между двумя такими поляроидами, действует как фильтр, пропуская свет только в определенных участках спектра. Доля прошедшего света  $I$  по отношению к упавшему  $I_0$  на длине волны  $\lambda$  составляет:

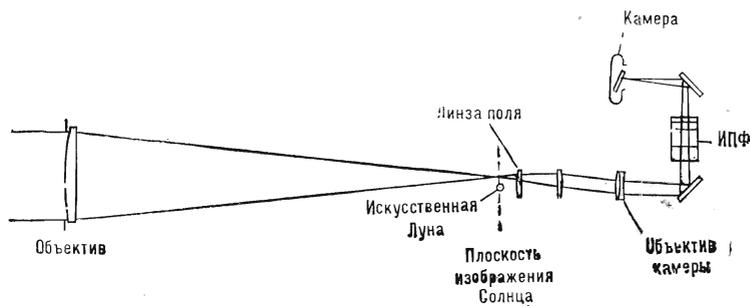
$$\frac{I}{I_0} = K \cos^2 \frac{l\Delta n}{\lambda},$$

где  $K$  — коэффициент пропускания всего блока,  $l$  — толщина пластины,  $\Delta n$  — разность показателей преломления для обыкновенного и необыкновенного лучей. Из этой формулы видно, что излучение с волновыми числами  $\frac{1}{\lambda}$ , кратными  $\frac{\pi}{l\Delta n}$ , проходит легче всего. Отдельный блок пропускает ряд полос, тем дальше отстоящих друг от друга, чем толще пластина. Но чем ближе полосы, тем уже каждая из них. Поэтому, чтобы получить монохроматор, вырезающий из широкой области спектра узкую полосу, приходится последовательно друг за другом ставить несколько блоков разной толщины, пропускающих один общий максимум и взаимно гасящих остальные максимумы. Наиболее выгодная комбинация получится, если толщины пластин образуют геометрическую прогрессию, например, со знаменателем 2. Лучшие современные интерференционно-поляризаци-



Интерференционно-поляризационный фильтр Лио из шести блоков и полосы пропускания каждого блока. Чем толще пластина, тем уже и чаще расположены полосы пропускания. Через фильтр проходит лишь излучение вблизи длин волн 6374 и 6563 Å, соответствующих красной корональной линии и линии водорода  $H_\alpha$ .

Фильтр Шольца из 14 пластин и его полоса пропускания. Она определяется толщиной всей стопки пластин. Расстояние между максимумами зависит от толщины тонких пластин



онные фильтры имеют полосу пропускания около  $0,1 \text{ \AA}$ . Однако из-за большого количества блоков, а следовательно, и поляризаторов (даже если учесть, что между смежными блоками достаточно установить только один поляризатор), пропускание таких фильтров оказывается малым.

Чехословацкий физик Иван Шольц заметил, что фильтр можно значительно упростить, чередуя пластины только двух толщин и специальным образом разворачивая относительно друг друга их оптические оси. Внут-

ренние поляризаторы можно убрать, оставив только один перед фильтром, а другой — за ним. В этой модификации роль самой толстой пластины, определяющей рабочую полосу пропускания, играет вся стопка пластин (чаще 6—8). Фильтры Шольца дают большое пропускание, близкое к предельно возможному 50%. Вдобавок они значительно короче и обладают широким полем. Однако эти фильтры требуют очень тщательной юстировки, так что их изготовление, насколько нам известно, никому не удавалось, кроме самого Шольца.

Что же касается коронографа Германа Отавского, то по своей конструкции он ничем не отличается от классического коронографа Лео, в нем лишь используются фильтры Шольца. Коронограф Лео представляет собой телескоп с очень хорошим, как правило, однолинзовым объективом. В этом инструменте зеркальная диафрагма — искусственная Луна — осуществляет затмение Солн-

ца. Значительная часть рассеянного света убирается диафрагмой Лео, в плоскости которой линза поля строит изображение объектива.

Думается, что советским любителям астрономии более доступен светофильтр, основанный на интерферометре Фабри — Перо. Описание такого фильтра дано в статье Э. В. Коновича и П. В. Щеглова, опубликованной в «Астрономическом журнале» (45, 2, 1968). Чтобы изготовить интерферометр Фабри — Перо нужна пара исключительно хорошо отшлифованных плоских зеркал, на которые должны быть нанесены многослойные диэлектрические покрытия. Такие покрытия могут быть сделаны только в специальных лабораториях. Однако планетарии, Дворцы пионеров и станции юных техников, при которых работают астрономические кружки, могли бы помочь любителям астрономии достать зеркала для интерферометра Фабри — Перо. Тогда уже изготовленные специальной оправы для этих зеркал будут менее трудной задачей. Решив ее, любители получат возможность с помощью даже простенького телескопа наблюдать протуберанцы.

■  
*Схема коронографа Лео с интерференционно-поляризационным фильтром*

■  
*Фотография солнечного протуберанца в линии  $H_{\alpha}$ , полученная 29 июня 1972 года через эталон Фабри — Перо (Южная станция Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга)*

## Указатель статей, опубликованных в «Земле и Вселенной» в 1974 году

Авдулов М. В.—Термодинамика земного шара	3	Интервью академика Л. М. Бреховских . . . . .	1
Агапова Г. В., Зенкевич Н. Л.—Глубоководные желоба . . . . .	1	Интервью академика М. А. Садовского . . . . .	3
Амбарцумян В. А.—Вспыхивающие звезды в скоплениях и ассоциациях . . . . .	3	Интервью члена-корреспондента АН СССР Н. И. Хитарова . . . . .	3
Амнуэль П. Р.—Эти странные рентгеновские источники . . . . .	2	Интервью академика А. М. Обухова . . . . .	3
Белоцерковский О. М.—Космос и проблемы народного образования . . . . .	3	Интервью кандидата физико-математических наук Ю. А. Волкова . . . . .	3
Бисноватый-Коган Г. С.—Феномен пульсара . . . . .	2	Интервью члена-корреспондента АН СССР А. С. Монины . . . . .	3
Бронштэн В. А.—Полет двух «десяток» . . . . .	5	Интервью профессора В. С. Самойленко . . . . .	3
<b>Бугаев В. А.</b> —Орбитальные станции и метеорологические наблюдения . . . . .	2	Иошпа Б. А.—Солнечные протуберанцы . . . . .	4
Вайсберг О. Л.—Новое о плазменных оболочках Марса и Венеры . . . . .	2	Козлов Н. Н., Сюняев Р. А., Энеев Т. М.—Приливное взаимодействие галактик . . . . .	6
Васильев М. П.—От первого полета человека в космос к орбитальным станциям . . . . .	2	Колосов М. А., Яковлев О. И.—Радиоволны исследуют Солнечную систему . . . . .	5
Васильев К. П.—Спутниковые микроволновые наблюдения . . . . .	6	Комберг Б. В.—Есть ли звезды в компактных радиогалактиках и квазарах? . . . . .	6
Величко Е. А.—Руды океана . . . . .	1	Кондратьев К. Я.—Человек и окружающая среда — наблюдения из космоса . . . . .	1
Владимирский Б. М.—Экспериментальная гелиобиология . . . . .	4	Корт В. Г.—Стратегия океанографических исследований . . . . .	1
Воронцов-Вельяминов Б. А.—Красное смещение в спектрах галактик и квазаров . . . . .	6	Ксанфомалити Л. В.—«Марс-5»: поверхность и атмосфера красной планеты . . . . .	5
Всехсвятский С. К.—Комета века: прогнозы и реальность . . . . .	4	Лазарев А. И., Хрунов Е. В.—Зеркальное отражение от атмосферы . . . . .	5
Геншафт Ю. С.; <b>Шейнманн Ю. М.</b> —Алмаз — «окно» в глубины Земли . . . . .	6	Леонов А. А.—Экспериментальный полет «Аполлон» — «Союз» . . . . .	2
Гольдовский Д. Ю.—Спутник ERTSI для исследования природных ресурсов . . . . .	1	Лившиц М. А.—Рентгеновское излучение солнечной короны . . . . .	4
Городницкий А. М., Фонарев Г. А.—Электрическое поле океана . . . . .	1	Логачев Ю. И.—Космические лучи . . . . .	6
Городницкий А. М., Сорохтин О. Г., Ушаков С. А.—Дрейф континентов и современные представления об эволюции Земли . . . . .	5	Мартынов Д. Я.—Что есть что на Марсе . . . . .	3
Грачев А. Ф.—Рифтовые зоны . . . . .	5	Никольский Г. М., Сазонов А. А.—Наблюдения кометы Когоутека . . . . .	4
Дорошкевич А. Г.—Возникновение галактик в расширяющейся Вселенной . . . . .	6	Никонов А. А.—Вулканы и современные движения земной коры . . . . .	5
Зайцев Л. П.—Роль Академии наук в развитии наук о Земле . . . . .	3	Новиков С. Б.—Оптические телескопы — проблемы настоящего и перспективы будущего . . . . .	5
Засов А. В.—Спиральные ветви: здесь рождаются звезды . . . . .	6	Озмидов Р. В.—Турбулентность в океане . . . . .	1
		Пикельнер С. Б.—Хромосферные вспышки . . . . .	4
		Погосян Х. П.—Метеорологический режим городов . . . . .	6
		Пушков Н. В.—Вспышки на Солнце и геофизические последствия . . . . .	4
		Савун О. И.—Орбитальный полет и радиация . . . . .	5

1 ЯНВАРЬ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 2 МАРТ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 3 МАЙ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 4 ИЮЛЬ-АВГУСТ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 5 СЕНТЯБРЬ-ОКТОБРЬ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 6 НОЯБРЬ-ДЕКАБРЬ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Соколов В. Б.—Спасательные операции в космосе . . . . .	1	Цветков В. И.—В. К. Цераский в Коктебеле . . . . .	6
Сурков Ю. А., Андрейчиков Б. М.—Исследование атмосферы Венеры советскими автоматическими станциями . . . . .	1	Щербина В. В.—Интересы В. И. Вернадского в изучении космоса . . . . .	4
Трубицын В. П.—Внутреннее строение планет-гигантов . . . . .	1	<b>ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ</b>	
Хромов Г. С.—Астрономический совет Академии наук СССР и развитие советской астрономии . . . . .	3	Михайлов А. А.—Академия наук и развитие отечественной астрономии . . . . .	2
Чистяков В. Ф.—Необычные явления на Солнце . . . . .	4	<b>ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ</b>	
Шкловский И. С.—Проблемы нейтринного излучения Солнца . . . . .	4	Щеглов В. П.—Астрономическому институту Академии наук Узбекской Республики — 100 лет . . . . .	2
<b>СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ</b>		<b>ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ</b>	
Дорошкевич А. Г.—Симпозиум по космологии . . . . .	2	Климишин И. А.—Стоунхендж — вычислительная машина каменного века . . . . .	5
Дубошин Г. Н.—Некоторые задачи астродинамики . . . . .	3	Фердман Л. И.—Нефть — откуда она? . . . . .	1
Масевич А. Г.—Внеочередная Генеральная ассамблея МАС . . . . .	2	<b>АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ</b>	
Никитин С. А., Школенко Ю. А.—Пути и перспективы развития космонавтики . . . . .	2	Волынский Б. А.—Астрономия в подготовке учителя географии . . . . .	3
Озерной Л. М., Шварцман В. Ф.—Международный симпозиум «Гравитационное излучение и гравитационный коллапс» . . . . .	3	Ильевский И. Д.—Совещание преподавателей астрономии Украины . . . . .	5
Соколовская З. К.—«Colloquia Copernicana»	2	Лебедева О. М.—Задачи по астрономии на уроках математики . . . . .	1
Тутуков А. В., Францман Ю. Л.—Поздние стадии эволюции звезд . . . . .	3	<b>ЭКСПЕДИЦИИ</b>	
<b>ЛЮДИ НАУКИ</b>		Войтов В. И.—«Дмитрий Менделеев» в Индийском океане . . . . .	5
Езерский В. И., Кузьменко К. Н., Плужников В. Х.—Николай Павлович Барабашов	3	Новиков С. Б., Платов Ю. В.—Затмение в Западной Сахаре . . . . .	1
Кринов Е. Л.—Мои встречи с Вернадским . . . . .	4	Рычков В. В.—Поиски Ташатканского камня . . . . .	2
Куликовский П. Г.—Витольд Карлович Цераский . . . . .	6	Сузюмов Е. М.—Четверть века на научной вахте . . . . .	4
Левин Б. Ю.—Джерард Койпер . . . . .	5	Шолпо В. Н.—«Поле» в горах . . . . .	2
Назаров А. Г.—Биосфера — оболочка нашей планеты . . . . .	4	<b>НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ</b>	
Неаполитанская В. С., Овчинников Н. Ф.—Академик В. И. Вернадский . . . . .	4	Вирин А. Я.—Народная обсерватория в Смоленске . . . . .	6
Памяти Михаила Галактионовича Крошкина . . . . .	4	Пащенко Г. И.—Народная обсерватория во Львове . . . . .	2
Петрушевский Б. А.—В «Узком» летом 1940 года . . . . .	4	<b>В ОТДЕЛЕНИЯХ ВАГО</b>	
		Дирикис М. А., Клетниекс Я. М., Францман Ю. Л.—Четверть века Латвийскому отделению ВАГО . . . . .	1

1 ФЕВРАЛЬ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 2 МАРТ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 3 МАЙ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 4 ИЮЛЬ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 5 СЕНТЯБРЬ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ  
 6 НОЯБРЬ 1974 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Фиалков Д. Н., Рычков В. В.—Пропаганда геодезических знаний . . . . .	6
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ</b>	
Бронштэн В. А.—Новые лауреаты поощрительных премий ВАГО . . . . .	6
Бронштэн В. А.—Когда наступит противостояние Марса . . . . .	3
Войнов С. С.—Лето юных астрономов . . . . .	5
Зоткин И. Т.—Страничка наблюдателей метеоров . . . . .	5
Лазаревский В. С.—Астрономические явления в 1975 году . . . . .	6
Любимов Ю. К.—Стереофотографии Луны . . . . .	1
Марленский А. Д.—Малые телескопы, изготавливаемые в СССР . . . . .	1
<b>ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ</b>	
Балан В. В.—Юбилейная экспозиция . . . . .	5
Желнин Г. А.—Тартуский музей астрономии . . . . .	6
<b>КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ</b>	
Миль А. А.—Космос дружен с филателией . . . . .	2
<b>КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ</b>	
Иванов Ю. А.—«Большая волна» . . . . .	5
Книги 1975 года . . . . .	6
Куликовский П. Г.—Вперед, в глубины Вселенной . . . . .	3
Салтыковский А. Я.—Хронология извержений . . . . .	5
Хрунов Е. В.—Небо становится ближе . . . . .	2
<b>ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ</b> . . . . .	2, 3, 5, 6
<b>ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ</b>	2
<b>НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b>	
Быстрые колебания блеска Новой 1934 года . . . . .	6
В объективе — Юпитер . . . . .	2
Вспышки рентгеновских Новых . . . . .	5
Встреча с читателями в Московском планетарии . . . . .	2
Вулканизм и химия атмосферы . . . . .	3
Геодезические работы на Памире в 1909—1912 годах . . . . .	5
Геология сегодня и завтра . . . . .	5
Год айсбергов в Атлантике . . . . .	5
Гравитационные волны снова не обнаружены . . . . .	6
Группа пятен нового цикла? . . . . .	3

Двадцать пятый выпуск календаря для школьников . . . . .	6
Дейтерий и тритий на Солнце . . . . .	4
Древнейшие осадочные породы в мире . . . . .	3
Загадочные всплески гамма-излучения . . . . .	1
«Земля и Вселенная» в гостях у московских писателей . . . . .	2
Искусственные полярные сияния . . . . .	1
Как расширяются остатки Сверхновых . . . . .	3
Корона в Лайман- $\alpha$ . . . . .	3
Кратеры на... Венере . . . . .	3
Методические пособия для преподавателей астрономии . . . . .	6
Мощный радиовсплеск в галактике 3C120 . . . . .	1
Новый солнечный телескоп . . . . .	3
Новый искусственный спутник Луны . . . . .	4
Новое о составе межзвездной среды . . . . .	5
Очередной рейс «Гломара Челленджера» . . . . .	3
Остаток Сверхновой излучает корональные линии . . . . .	6
Полярные шапки и пылевые бури на Марсе . . . . .	1
Поток нейтрино из космоса . . . . .	3
Природа внегалактических рентгеновских источников . . . . .	2
Программа работ на орбитальной научной станции «Салют-3» успешно выполнена . . . . .	6
Радиолинии ОН в спектре кометы Когоутека . . . . .	5
Рентгеновские снимки солнечной короны с борта «Скайлэба» . . . . .	4
Самое продолжительное затмение . . . . .	2
Сколько пыли в центральных областях галактик? . . . . .	2
Советско-французские исследования солнечной короны . . . . .	4
Солнечные протоны и жизнь . . . . .	5
Споры вокруг квинтета Стефана . . . . .	2
Существуют ли циклоны в Галактике . . . . .	6
Тектоника и уровень моря . . . . .	3
Телевизионные наблюдения искусственного полярного сияния . . . . .	2
Третий экипаж «Скайлэба» . . . . .	2
Удивительные звезды-двойники . . . . .	1
Уникальный телескоп . . . . .	5
Юбилей Ташкентской обсерватории . . . . .	6



ОТВЕТЫ  
НА ВОПРОСЫ  
ЧИТАТЕЛЕЙ

**Что такое ВАГО и кто в нем работает?  
Можно ли туда вступить?**

**Р. Н. ТУНКЕЛЬ**  
Ленинград

По просьбе редакции на эти вопросы отвечает ученый секретарь Центрального совета ВАГО В. А. БРОНШТЭН.

ВАГО — Всесоюзное астрономо-геодезическое общество при Академии наук СССР — добровольное научное общество, объединяющее астрономов, геодезистов и любителей астрономии. Согласно уставу, действительными членами общества могут быть ученые, научные сотрудники, преподаватели вузов, техникумов и средних учебных заведений, специалисты-практики, а также другие лица, желающие своей деятельностью способствовать работе общества. Иначе говоря, устав ВАГО не предусматривает каких-либо ограничений при вступлении в общество (наличие ученой степени, высшего образования и т. д.). Единственное требование — представление рекомендаций двух действительных членов общества.

ВАГО образовалось в 1932 году путем объединения нескольких ранее существовавших обществ и кружков, из коих некоторые вели свою работу с 1888—1890 годов. В настоящее время общество имеет отделения в 60 городах Советского Союза и насчитывает 6500 действительных членов, а также 1500 членов юношеских секций, куда принимаются юноши и девушки в возрасте от 14 до 18 лет. Кроме того, в составе ВАГО 220 членов-коллективов (учреждений или организа-

ций, являющихся коллективными членами общества).

Общество имеет две основные секции — астрономическую и геодезическую. Помимо этого, работают учебно-методическая, массовая, юношеская, редакционно-издательская секции. Деятельность общества весьма многообразна. Оно помогает научным учреждениям страны тем, что выносит на широкое обсуждение важнейшие вопросы развития советской науки и производства в области астрономии и геодезии, обобщает опыт научной и производственной работы, способствует улучшению преподавания астрономии и геодезии в вузах и школе. ВАГО активно пропагандирует научные знания, содействует деятельности планетариев и народных обсерваторий, организует наблюдения небесных явлений, издает научные работы членов общества. Для юных любителей астрономии общество устраивает слеты, летние лагеря. Деятельность ВАГО и его отделений регулярно освещается в журнале «Земля и Вселенная».

6 НОЯБРЬ  
ДЕКАБРЬ  
1974  
**ЗЕМЛЯ  
И  
ВСЕЛЕННАЯ**

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

**Редакционная коллегия:**

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ  
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН  
Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географ. наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗОТОВ, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географ. наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ

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

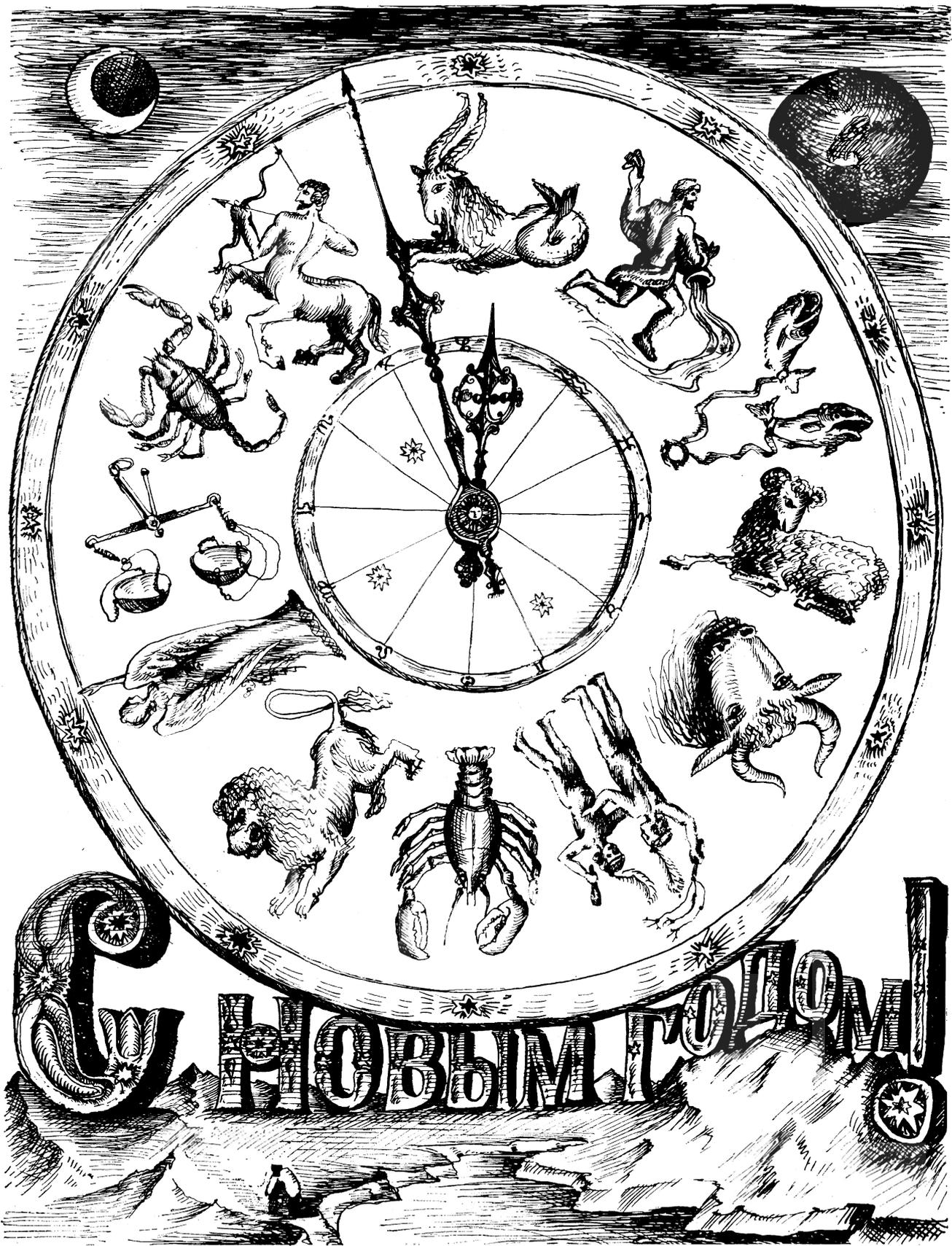
Художественный редактор  
Л. Я. Шимкина

Корректоры: Г. Н. Нелидова,  
А. Н. Федосеева

T-13457. Подписано в печать 18/XI 1974 г.  
Формат бум. 84×108<sup>1/16</sup>. Бум. л. 2,5. Печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 10,6. Тираж 45 000 экз.  
Цена 40 коп. Заказ 1044.

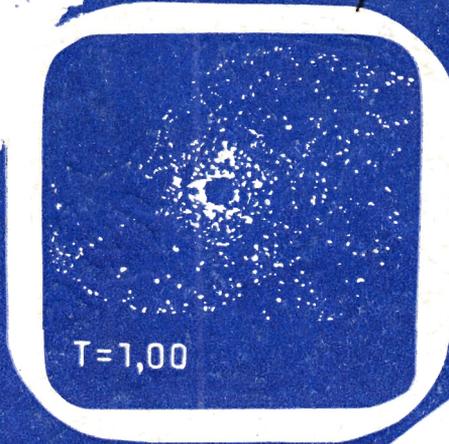
При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна.

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





Колосов  
35/12-55



T=1,00



Винорд



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 40 КОП.  
ИНДЕКС 70336