



# Земля и Вселенная

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●  
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО  
ПРОСТРАНСТВА ●

5/86

# Работа на орбите

После двух выходов в открытый космос Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев продолжили научно-технические исследования и эксперименты на борту орбитальной станции «Салют-7». Экипаж выполнил большой объем геофизических исследований, включавших визуальные наблюдения, фотосъемку и спектрометрирование земной поверхности, изучение структуры атмосферы, определение ее оптических характеристик. С помощью приборов, установленных на внешней поверхности станции, были проведены эксперименты по определению воздействия факторов открытого космического пространства на образцы циклически нагружаемых конструкционных материалов. Для изучения влияния искусственной тяжести на развитие высших растений в условиях космического полета на установке «Биогравиатат» начались эксперименты с семенами салата. Затем была проведена еще одна серия геофизических наблюдений. В рамках этой программы выполнялся также эксперимент по определению плотности аэрозольных слоев космического происхождения в земной атмосфере.

В первую декаду июня Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев, применяя магнитный спектрометр «Мария», выполнили серию

измерений потоков электронов и позитронов высоких энергий с целью изучения механизмов генерации этих частиц в околоземном космическом пространстве. Не прекращались визуальные наблюдения и фотографирование отдельных районов суши и акватории Мирового океана, определение спектральных и оптических характеристик земной атмосферы. В условиях длительного космического полета обязательны занятия физическими упражнениями. В целях выбора оптимальных режимов тренировок космонавты утром 10 июня выполнили эксперимент «Спорт».

13 июня 1986 года у Л. Д. Кизима и В. А. Соловьева завершился третий месяц работы на околоземной орбите. По программе исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды экипаж провел несколько серий съемок стационарными фотоаппаратами и спектрометрической аппаратурой различных районов суши и моря. В этот день большая часть рабочего времени космонавтов была отведена для геофизических экспериментов. Районами съемок стали Украина, Краснодарский и Ставропольский края, республики Закавказья, акватории Черного и Каспийского морей. Проводились также двухчасовые физические тренировки на велоэргометре и бегущей дорожке.

В последующие дни экипаж

выполнял эксперименты по изучению поверхности Земли и атмосферы, биологические и медицинские исследования. Были осуществлены работы с аппаратурой «Кристаллизатор», изготовленной специалистами Чехословакии и предназначенной для исследования процессов массо-, теплопереноса и кристаллизации различных материалов в условиях микрогравитации.

17 июня 1986 года Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев выполнили ряд биохимических экспериментов. Цель этих работ — изучение механизма регуляции водно-солевого обмена и исследование особенностей углеводородного обмена в организме человека, длительное время находящегося в невесомости. Кроме того, продолжалось изучение характеристик земной атмосферы, проводились эксперименты по дальнейшему изучению пространственного распределения электронов и позитронов высоких энергий в околоземном космическом пространстве. Выполнялись также некоторые технические эксперименты.

Продолжение. Начало  
в №№ 3—4, 1986.

(По материалам ТАСС)  
Продолжение на с. 2.



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

# Земля и Вселенная

• СЕНТЯБРЬ • ОКТЯБРЬ • 5/86

## В номере:

Гаврилов В. М., Ситнина М. Ю.—  
Нужен мирный космос . . . . . 2  
Тамкович Г. М.— Проект «Венера-  
Галлей»: первые предварительные ре-  
зультаты . . . . . 5  
Лютый В. М., Черепащук А. М.—  
Оптические исследования рентге-  
новских двойных систем . . . . . 18  
Коноваленко А. А.— Дециметровая  
астроспектроскопия . . . . . 26  
Красс М. С.— Модели природных про-  
цессов в гляциологии . . . . . 37  
Гольдовский Д. Ю., Рускол Е. Л.—  
«Вояджер-2» исследует Уран . . . . . 44

## люди науки

Невская Н. И.— Ломоносов и астро-  
номия . . . . . 51  
Ильина Т. Д.— Ломоносов и развитие  
гравиметрии . . . . . 57

## СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Тейфель В. Г.— Планетные исследо-  
вания . . . . . 63  
Ржига О. Н.— Советская карта Венеры . . . . . 67

## ЭКСПЕДИЦИИ

Жданов М. С., Коваленко О. А.,  
Коротаев С. М.— Малым кораб-  
лям — большое плавание . . . . . 71

## АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Левитан Е. П.— Концепция астроно-  
мического образования . . . . . 77

## ГИПОТЕЗЫ

Войткевич Г. В.— Космохимические  
основы зарождения жизни . . . . . 84

## ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

Калабухов Ю. Б.— Космос и связь . . . . . 90

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Мартыненко В. В., Левина А. С.—  
Активность Персеид в 1985 году . . . . . 94

## ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

Сикорук Л. Л.— 150-миллиметровый  
телескоп-рефлектор . . . . . 100

## ФИЛАТЕЛИЯ

Орлов В. А.— Марки, посвященные  
М. В. Келдышу . . . . . 106

## КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Курт В. Г.— Новые физические объекты  
в астрономии . . . . . 107  
Сурков Ю. А.— Книга о замечатель-  
ном ученом . . . . . 109

77 ОТВЕТЫ НА ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ . . . . . 112

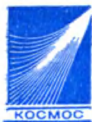
**НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ**  
Новые книги [4, 17, 50, 70, 89]; Метеорный дождь Драконид на-  
блюдался! [15]; Солнце в апреле — мае 1986 года [16]; Проект «Ев-  
ропейский геотраверс» [17]; «Парниковый эффект» метана [17];  
Пылевая оболочка Вегы [34]; На орбите — станции «Салют-7» и  
«Мир» [35]; Ванадий и медь вокруг вулкана [62]; Древнейшая  
нефть [62]; 160-минутные пульсации в ионосфере Земли [66];  
Школьная астрономическая олимпиада [82]; Новая программа по  
астрономии в школах ГДР [83]; Поднимется ли уровень океана? [99];  
Книги 1987 года [105]; Древний океан в Северной Сибири? [105];  
Исследуется центр Галактики [111].

© Издательство «Наука»  
«Земля и Вселенная», 1986 г.

Кандидат экономических наук

В. М. ГАВРИЛОВ

М. Ю. СИТНИНА



## Нужен мирный космос

### ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ — НАСУЩНЫЙ ДИАЛОГ

Ход общественного развития всегда был обусловлен расширением контакта человека с окружающей природной средой, необходимостью роста преобразуемого вещества и потребляемой энергии. И когда этого не происходило, наступал, разумеется в локальных рамках, социальный регресс. Иначе говоря, путем интенсификации связей с природой человечество формирует предпосылки своего дальнейшего саморазвития. Решать эту задачу сегодня позволяет научно-техническая революция. Однако уже сейчас ясно, что достаточно скоро перерабатывать необходимое для нужд развития количество вещества и получать недостающую энергию прежними, «геоцентрическими» методами станет практически невозможно, ибо это окажется губительным для экологии планеты, для самой жизни на Земле. Значит, требуется научно-техническое «раздвижение» ее границ, чтобы поставить беспредельные ресурсы космоса на службу обществу. На «космический императив», необходимость активного диалога «Земля — Вселенная» указывают и потребности современной НТР — в частности, неизбежность познания единства микро- и макромира.

Совершенствоваться человечество сможет, только осваивая космос. Заканчивается лишь третье десятилетие этой новой социальной практики, но даже столь относительно короткий период показывает, что наличие неисчерпаемой солнечной энергии, вакуум, отсутствие вибрации, трения и другие «нетипичные» для Земли условия уже при существующих технологических возможностях становятся реальной предпосылкой развертывания уникальных промышленных объектов на околоземных орбитах, открывают большие перспективы решения ряда общечеловеческих, глобальных проблем. Никогда еще космос не «открывал»

своих потенций для преобразования жизни так активно, как в наше время. И здесь роль международного сотрудничества трудно переоценить. Потребуется небывалые по масштабу усилия, чтобы поставить эти колоссальные космические потенции и ресурсы на службу человечеству.

«Ход истории, общественного прогресса, — подчеркивается в Политическом докладе Центрального Комитета КПСС XXVII съезду Коммунистической партии Советского Союза, — все настоятельнее требует налаживания конструктивного, созидательного взаимодействия государств и народов в масштабах всей планеты... Такое взаимодействие нужно, чтобы предотвратить ядерную катастрофу, чтобы смогла выжить цивилизация. Оно требуется, чтобы сообща и в интересах каждого решать и другие обостряющиеся общечеловеческие проблемы». И настоятельное условие успешного развития диалога «Земля — Вселенная» — сокращение времени на поиск договоренностей, быстрейший переход к конструктивным международным действиям.

### СОИ: ОПАСНЫЙ ПОДХОД

Стремление нынешней администрации США объявить «сферой своих жизненных интересов» не только ряд районов планеты, но и околоземное космическое пространство — программа «звездных войн» — несет новую глобальную угрозу человечеству. Земля слишком мала и хрупка для подобного рода войн и силовой политики. Огромность масштабов надвигающейся опасности заключается и в том, что американская версия «космического императива» примеряется не к насущным потребностям человечества ставить ресурсы космоса на службу мирового развития, а к самоохранительным, узкопрагматическим интересам правящего класса США. Выдвигая доктрины, уже не уместяющие американскую безопасность в скромные размеры нашей планеты,



Соединенные Штаты стремятся установить контроль за ходом развития цивилизации, условиями ее коэволюции со средой, с которой, начав освоение космоса, человечество вступает в контакт. Подобного рода планы губительны. Реализация военных программ резко повысит прежде всего возможность наступления разрушительного для планеты необратимого экологического кризиса.

Милитаризация космоса, строительство США «высоких оборонительных рубежей» стягивает человечество в куда более опасный, чем все предыдущие, и непредсказуемый по своим масштабам и последствиям виток гонки вооружений. Размещение новейших средств уничтожения за пределами биосферы, по всей видимости, потребует создания усовершенствованных средств контроля над милитаризирующейся зоной космоса. В какой-то момент процесс этот может приобрести лавинообразный характер. Тем самым космическая гонка вооружений, становясь все более автономной, способна не только превратиться в новую глобальную военную угрозу, но и закрыть для человечества непосредственный доступ в космическое пространство. В итоге это лишит земную цивилизацию необходимых средств, позволяющих решать жизненно важные мировые проблемы и обеспечивающих дальнейшее развитие. Не случайно некоторые американские исследователи убеждены, что программы «звездных войн» приведут к дальнейшему обострению общечеловеческих проблем.

## У «ЗВЕЗДНОГО МИРА» НЕТ АЛЬТЕРНАТИВ

Одна из базисных предпосылок мирного освоения космоса — всемерное развитие наших знаний о глобальной экологии Земли, постоянный приток информации о воздействии на биосферу нынешней мирохозяйственной практики, а также научное обоснование всех возможных природных изменений, которые повлечет за собой в дальнейшем человеческая деятельность. Обширнейшую информацию уже сейчас поставляют искусственные спутники Земли, размещаемые на геостационарных (высоких) и на низких орбитах. Гонка космических вооружений, подготавливаемая США, бесспорно, нанесет непоправимый ущерб познавательно-практическим интересам человечества. Цивилизация сможет беспрепятственно развиваться только в том случае, если она будет

высокоустойчивым конгломератом. А для этого она должна постоянно собирать информацию об окружающем мире, чтобы своевременно вырабатывать нужные социальные механизмы, которые предохранили бы ее развитие.

Ныне уже существуют и проекты аккумуляции солнечной энергии, и передачи ее на Землю; дебатированы вопросы «сброса» в космос излишков диссипативного излучения — следствия работы транспорта и промышленных объектов, методы удаления в космос промышленных отходов. Иначе говоря, делаются попытки установить некий баланс энергии и вещества между Землей и космосом. А цель в конечном счете одна — управление экологией планеты. Для реализации этих жизненно важных проектов без дальнейшего мирного освоения космоса не обойтись.

Масштабы познавательно-преобразующей деятельности человека настолько возросли, что пристальное внимание теперь уже обращено и на ближайшие планеты Солнечной системы — Марс и Венеру. Оценка их структуры, свойств, «поведения», от которой во многом зависит и познание нашей собственной планеты, предполагает расширение «фронта» соприкосновения с космосом, несовместимое с созданием искусственных барьеров, военных преград на этом пути. Они по сути дела лишь усиливают замкнутость подсистем, составляющих нынешнюю среду обитания, более того, разрушают всякие связи между Землей и «ближним» космосом, что в перспективе чревато возникновением необратимых катастрофических процессов.

Требование мирного освоения космического пространства диктуется не только нехваткой эмпирической информации о Земле и «ближнем» космосе, но и насущной необходимостью расширения и углубления знаний о природе самих космических процессов. Сквозь призму намечающегося нового видения мира размещение в космосе военных объектов по своим последствиям представляется практически непредсказуемым. Гонка вооружений переносится на такие «этажи» природы, что создает потенциальную опасность неожиданного высвобождения неуправляемых смертоносных сил космического характера. Адепты гонки космических вооружений этот аспект полностью игнорируют.

Развитие науки, ее революционизирующее

воздействие на жизнь как процесс космической коэволюции требуют резкой активизации научных исследований в мирных целях, прекращения их ориентации на военные нужды, а также устранения основного угрожающего человечеству фактора — роста военной технологии в космосе и на Земле. Грандиозность задач мирного освоения космоса предполагает установление оптимальных гармонических связей человечества с внеземной природой. Реализация же военных планов означает утрату всяких перспектив на распространение и развитие во Вселенной высшей формы материи, означает превращение космоса в хаос, неотвратимо наступающий на мир человека.

Человечество испытывает потребность в установлении системных контактов со Вселенной. Однако такое, осознанное, отношение к ней предполагает не только понимание космических процессов, но и использование их на благо человека. Планы милитаризации космоса, если не отбросить их, способны стать главным элементом эрозии органической взаимосвязи «человек — космос», активизировать губительные для жизни процессы, которые не удастся остановить. Сотрудничество, а не конфронтация в космосе должно быть движущей силой ускоренного использования его потенциала для решения глобальных мировых проблем.

Главной целью обязана стать ориентация

космической технологии на мирное освоение космоса, создание таких новых сред и условий обитания, каковые могли бы превратить человека в тот реальный космический фактор, который служит делу общественного прогресса.

С учетом этого обстоятельства и строится внешнеполитический курс Советского государства, стран социалистического содружества, отстаивающих новые принципы человеческой жизнедеятельности, борющихся за мир на всей Земле — этой уникальной колыбели разума. Реальная основа сотрудничества в космосе уже существует — это концепция «звездного мира», выдвинутая СССР на 40-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН и дополненная Заявлением Генерального секретаря ЦК КПСС М. С. Горбачева от 15 января 1986 года. Она направлена на то, чтобы не допустить использования новых достижений НТР в разрушительных целях, а привести к ликвидации ядерного оружия на Земле к 2000 году, переключить средства, идущие на гонку вооружений, для решения сложнейших задач мирового развития. Этим же требованиям отвечают материалы и решения XXVII съезда КПСС. Саму суть своей внешнеполитической стратегии КПСС видит в активной борьбе против войны, победа над которой станет переломным моментом в судьбах нашей планеты, всего человечества.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Новое о планетах

Вторым изданием вышла в свет книга М. Я. Марова «Планы Солнечной системы» (М.: Наука, 1986). За пять лет, прошедших со времени появления первого издания, были получены важные результаты в исследовании Венеры («Венера-13 и -14, -15, -16», «Вега-1 и -2») и Сатурна («Вояджер-1 и -2»). Эти результаты нашли отражение во втором издании книги.

В первой главе («Некоторые общие сведения о Солнечной системе») рассказывается о структуре и масштабах Солнечной системы, а во второй главе систематизируются

основные механические характеристики планет.

Третья глава («Поверхности планет и спутников») посвящена методам и результатам исследования поверхностей Меркурия, Венеры, Марса, а также спутников Марса, Юпитера и Сатурна.

Четвертая глава («Внутреннее строение и тепловая история») знакомит читателей с моделями планет-гигантов, а также с составом, внутренним строением и тепловой историей планет земной группы, Луны и спутников планет-гигантов.

Пятая глава посвящена атмосферам планет. Она открывается параграфом о происхождении и составе атмосфер планет земной группы, а далее рассматриваются строение

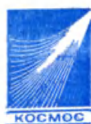
и особенности динамики атмосфер этих планет и планет-гигантов. Заключительный параграф главы знакомит читателей с проблемами климатической эволюции, поскольку, как подчеркивает автор, «в комплексах атмосферных параметров, осредненных на достаточно больших пространственно-временных интервалах, выявляются статистические закономерности, определяющие климат на планете или в ее отдельных регионах».

Книга будет интересна преподавателям, лекторам, старшим школьникам, студентам, любителям астрономии.



Кандидат технических наук

Г. М. ТАМКОВИЧ



## Проект «Венера-Галлей»: первые предварительные результаты



Редколлегия, редакция и читатели журнала «Земля и Вселенная» сердечно поздравляют члена редколлегии Геннадия Михайловича Тамковича с 50-летием и желают ему здоровья и больших творческих успехов.

Геннадий Михайлович — заместитель директора Института космических исследований АН СССР, кандидат технических наук. Автор около 100 научных трудов и изобретений. Принимал непосредственное участие в подготовке и реализации проекта «Вега», осуществляя руководство работ по испытаниям комплекса научной аппаратуры на космодроме и в Центре дальней космической связи.

Научная и организаторская деятельность Г. М. Тамковича отмечена государственными наградами — орденами и медалями. В 1980 году за работы в области математики Г. М. Тамкович был удостоен Государственной премии СССР.

**Март 1986 года по праву может быть назван «кометным»: в этом месяце завершились сразу три экспедиции космических аппаратов к комете Галлея.**

### УНИКАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

Безусловно, самым оригинальным, самым дерзким по замыслу и реализации был советский проект (Земля и Вселенная, 1985, № 1, с. 25.—Ред.), который позволил получить новые уникальные данные о Венере, полностью выполнить интереснейшую программу исследований кометы Галлея, а также в существенной мере способствовал успешному полету на минимальном расстоянии от ядра космического аппарата «Джотто» (Европейское космическое агентство) (Земля и Вселенная, 1986, № 4, с. 32.—Ред.), обеспечив его соответствующими данными (проект «Лоцман»). Научный руководитель советского проекта — лауреат Ленинской премии, директор Института космических исследований АН СССР академик Р. З. Сагдеев.

Каковы предварительные результаты этого эксперимента, многое в котором по праву можно охарактеризовать как «сделанное впервые»?

Впервые в истории человечества был задуман и осуществлен такой мирный проект, реализованный благодаря широкой международной кооперации, с участием как социалистических, так и некоторых капиталистических государств. На протяжении всего эксперимента специалисты из разных стран поддерживали тесную связь друг с другом, неоднократно посещали космодром Байконур (когда шли испытания научных приборов и комплекса научной аппаратуры), а на завершающем этапе — Центр дальней космической связи (близ Евпатории), поскольку в это время особую роль в измерениях и наблюдениях стал

играть уникальный радиотелескоп диаметром 70 м, обладающий необычайно высокой чувствительностью.

Впервые в мире созданы аэростатные зонды, ввод которых в атмосферу другой планеты осуществлялся из космоса. Плавающая в атмосфере Венеры, они проработали по 46 ч 30 мин каждый, максимальная дальность полета обоих зондов оказалась свыше 11 000 км, высота же дрейфа равнялась около 54 км. 20 радиотелескопов, расположенных в Европе, Азии, Северной и Южной Америке, Африке и Австралии и входящих в глобальную международную сеть, следили за полетом аэростатных станций и измеряли их скорость и координаты.

Впервые в мире благодаря космической технике были сделаны со сравнительно близкого расстояния снимки ядра кометы Галлея, а уникальные изображения переданы на Землю, причем впервые применялась специально созданная система наведения на комету с использованием уникального телевизионного комплекса.

Впервые осуществлены прямые оптические и физико-химические исследования пылевой и газовой компонент вблизи ядра кометы Галлея и получена уточненная информация о положении ядра, что в дальнейшем было использовано для коррекции траектории космического аппарата «Джотто».

Непросто перечислить все достижения. Названы лишь те из них, которые имеют характер приоритетности мирового класса и относятся к разряду выдающихся, исключительно важных для развития науки и космической практики будущего.

## НЕМНОГО ИСТОРИИ

В переводе с греческого «комета» — «волосатая звезда». В древности, в средние века и еще совсем недавно (например, в 1910 году) кометы считались предвестниками больших несчастий, даже трагедий. А поскольку в истории человечества на любом этапе его развития было немало неординарных впечатляющих событий, то всегда можно было связать появление кометы с каким-либо бедствием (войны, эпидемии, дворцовые перевороты, засухи, тайфуны, наводнения, убийства особ царствующей фамилии).

Но постепенно, по мере того, как стано-

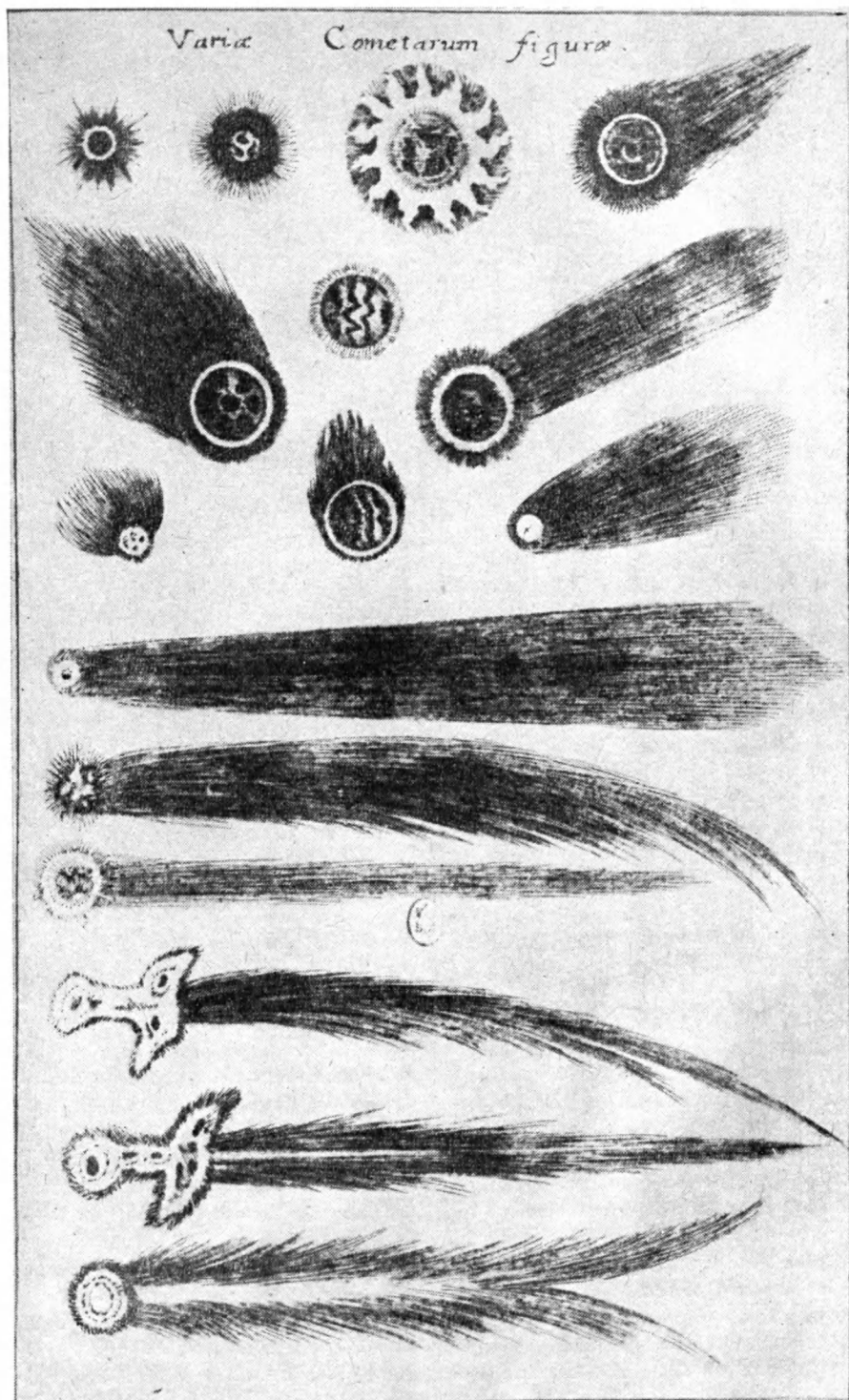
вилось ясно, что кометы — это небесные тела, движущиеся в космическом пространстве в соответствии с законами всемирного тяготения и небесной механики, суеверный ужас «вообще» сменился более «онаученной» боязнью: а вдруг комета столкнется с Землей? Тем более, что такую возможность не исключали весьма авторитетные ученые. Так, замечательный астроном и математик конца XVIII — начала XIX века П. Лаплас писал: «Чувство ужаса, которое вселяло некогда появление кометы, уступило место страху, что среди большого числа комет, пронесшихся сквозь Солнечную систему по всем направлениям, может оказаться такая, которая столкнется с Землей; и в самом деле, действие подобного столкновения нетрудно себе представить. Положение земной оси и характер вращения Земли должны измениться; море покинуло бы свое теперешнее ложе и устремилось бы к новому экватору; люди и животные погибли бы в этом всемирном потоке, если бы только могли уцелеть от страшного толчка, полученного земным шаром; все народы были бы уничтожены, все памятники человеческого ума разрушены, если бы масса кометы, вызвавшей толчок, оказалась сравнимой с массой Земли» (выделено мною.— Г. Т.).

По существующим в современной науке представлениям масса даже больших комет в сотни миллионов раз меньше массы Земли и это — к счастью: пусть прямое столкновение кометы с Землей — событие весьма маловероятное, но все-таки оно возможно. Не исключено, что события такого рода происходили ранее (например, Тунгусский «метеорит», который, возможно, является не чем иным, как ядром небольшой кометы) и, безусловно, будут происходить и в грядущем.

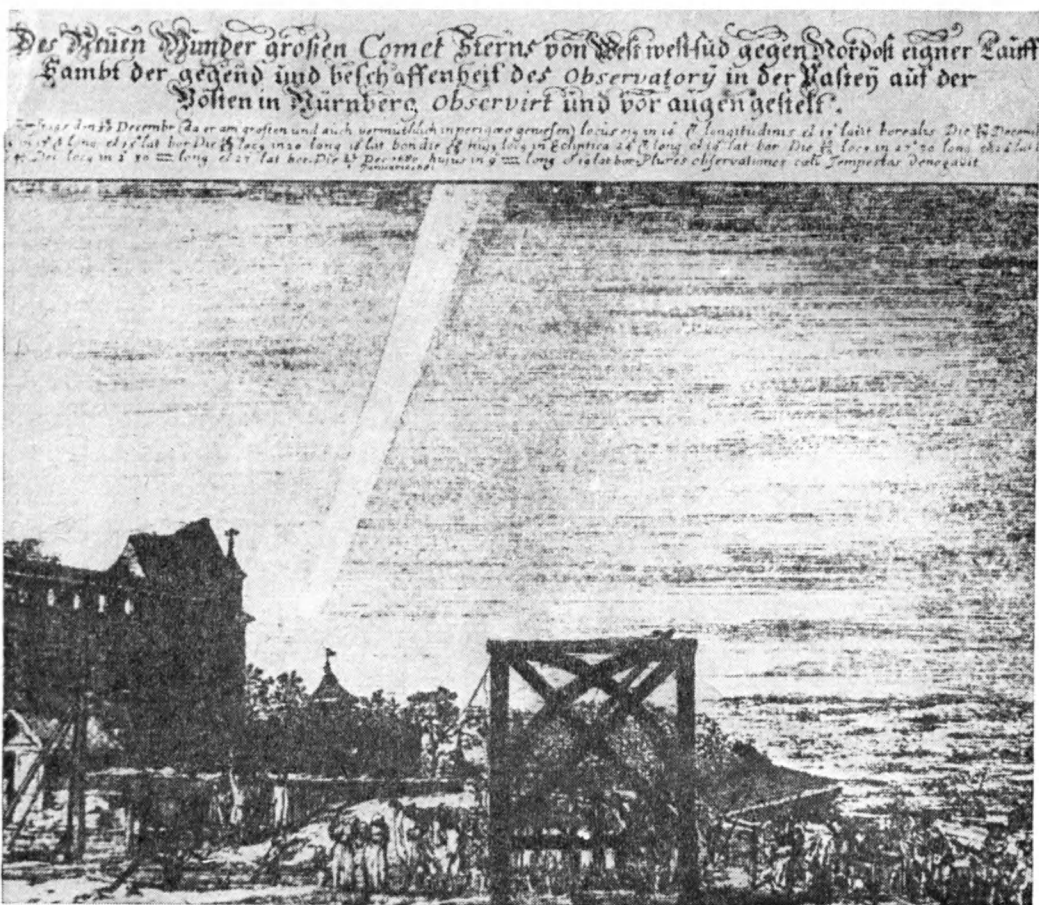
Сравнительно простые расчеты показывают — вероятность столкновения кометы с Землей за время жизни одного человека (условно примем 75—76 лет) составляет 6 шансов на 10 миллионов, то есть ничтожно мала.

До недавнего времени считалось, что общее число вероятных встреч Земли с кометами за всю историю не превышает 40 (точнее — 37). Однако, как показали последние исследования (уже после 1980 года), бомбардировка Земли кометами происходит не непрерывно, а сравнительно небольшими порциями, которые американский астрофизик





Так изображали кометы в XV веке



«Хвостатое светило» над средневековым городом. Старинная гравюра

Дж. Хиллс назвал «кометными ливнями». По некоторым данным, за период 400 тыс. лет на нашу планету может «выпадать» до 200 комет, иначе говоря, бывают периоды, когда в среднем Земля бомбардируется раз в 2000 лет. Но ведь это уже совершенно другая вероятность! Откуда же такое различие?

Если считать справедливой гипотезу о происхождении комет, предложенную в 1950 году голландским астрономом Я. Оортом, то Солнечная система должна быть окружена гигантским облаком комет на расстоянии от  $2 \cdot 10^4$  до  $2 \cdot 10^5$  а. е. от Солнца. Такое облако служит тем самым «резервуаром», или «банком», из которого периодически вырываются

кометы (в чем «повинны» близко проходящие звезды). Те кометы, что оказались во внутренней области планетной системы, мы можем наблюдать и регистрировать. Оорт высказал и такую мысль: имеется еще внутренняя, более плотная часть «резервуара» — ее уже нельзя определить по приходу комет.

Через 30 лет, в 1981 году Дж. Хиллс предположил, что «облако Оорта» — лишь слабенький ореол («гало»), окружающий «хранилище» комет, которое на 2—3 порядка больше (по косвенным соображениям, число комет во внутреннем «резервуаре» около  $10^{13}$ — $10^{14}$ , а его внутренняя граница ближе  $1 \cdot 10^3$  а. е.). При прохождении звезд около внутреннего «резервуара» происходит «высыпание» комет. Из-за этого существенно и изменяется вероятность кометной бомбардировки Земли.



## СТОЛКНОВЕНИЕ — ВОЗМОЖНАЯ КАТАСТРОФА?

Если считать, что Тунгусское тело было кометой, а также допустить, что вся кинетическая энергия его движения перешла в энергию взрыва, то при массе  $10^8$  кг и скорости падения 17 км/с получим  $1,5 \cdot 10^{16}$  Дж. При взрыве одной килотонны тротила выделяется  $4,2 \cdot 10^{12}$  Дж энергии, то есть такой взрыв сравним со взрывом водородной бомбы с тротиловым эквивалентом в несколько мегатонн. Не так уж мало, но трагедии для всей Земли нет.

А теперь обратим внимание на некоторые, казалось бы, мало связанные события. В 1984 году появилось сообщение, будто американские ученые Д. Рауп и Дж. Сепкоски обнаружили периодическое вымирание отдельных видов земных организмов с интервалом около 26 млн. лет. Два других ученых (У. Альварес и Р. Мюллер, Калифорнийский университет) пришли к выводу, что за последние 250 млн. лет кратеры на Земле возникали с периодичностью тоже 26 млн. лет. Иными словами, вымирание отдельных биологических видов и возникновение кратеров на Земле, возможно, обусловлено регулярной бомбардировкой поверхности Земли кометными ливнями из внутреннего «резервуара» Оорта.

Кометные ливни способны временно уменьшать прозрачность земной атмосферы, а это в итоге может привести к вымиранию отдельных видов организмов. Такое предположение хорошо согласуется с тем фактом, что Солнце в Галактике пересекает галактическую плоскость примерно раз в 30 млн. лет — именно здесь, в этой плоскости, по одной из гипотез, находятся массивные облака пыли и газа, возмущающие кометный «резервуар» и вызывающие кометные ливни.

Последнее вымирание видов произошло около 11 млн. лет назад, поэтому нынешнее время соответствует по этой версии почти полупериоду подобных существенных изменений в жизни нашей планеты...

## ЧТО ДАЕТ ИЗУЧЕНИЕ КОМЕТ?

Расчетными методами показано: температура, которой могут обладать кометные ядра «облака Оорта», составляет 3 К. Но при таких температурах химические реакции не идут,

стало быть, естественно предположить, что вещество, из которого состоят кометные ядра в «резервуаре» Оорта, находится как бы в «замороженном» состоянии и сохраняет свои качества в первозданном виде. В силу сравнительно малой массы невелика и собственная гравитация ядер комет, это позволяет сделать предположение о неизменности первичного вещества и об отсутствии сколько-нибудь существенной эволюции с момента его образования.

Очевидно, когда комета выбрасывается из «резервуара» в Солнечную систему и начинает движение к Солнцу, температура ядер повышается, а это приводит к интенсивному испарению льдов летучих соединений. Газы вместе с пылью образуют своеобразную атмосферу, она, по мере ухода от Солнца, опять исчезает, и комета, как прежде, превращается в глыбу изо льда и камня.

Таким образом, изучение комет может дать бесценную информацию о первичной фазе формирования Солнечной системы, а следовательно, и нашей планеты. Для получения такой информации и была организована экспедиция к комете Галлея.

Но почему именно к этой комете?

Дело в том, что человечество фиксирует появление кометы Галлея уже более 2000 лет. И в этом — ее безусловная уникальность. Других таких — нет.

Орбита кометы расположена весьма благоприятно: перигелий чуть приподнят над плоскостью эклиптики, а афелий опущен глубоко вниз, то есть комета большую часть своей жизни проводит далеко от плоскости эклиптики и редко сближается с большими планетами Солнечной системы, а если и сближается, то на значительных скоростях. Поэтому и орбита, и ядро кометы Галлея мало изменяются. Орбита ее хорошо изучена, что позволяет достаточно точно прогнозировать движение кометы.

Комета Галлея — среднепериодическая. По некоторым данным на своей орбите она находится более 100 тыс. лет. Но самое замечательное то, что это — активная комета, яркая, с бурным выделением газов, с развитой атмосферой, большим хвостом, «ощутимой» ионосферой. Естественно, подобные обстоятельства должны быть определяющими для проведения физических экспериментов.



В XIX веке в астрономии начали применять фотосъемку. Снимки головы кометы Донати (между 30/IX и 2/X 1858 г.)

Таковыми же качествами наделены, как правило, кометы, впервые летящие к Солнцу. Но если они не являются периодическими, то, пролетев вблизи Солнца, они, к сожалению, уходят навсегда.

Движение короткопериодических комет изучено в основном достаточно хорошо, однако при пролете около Солнца они теряют летучие вещества, а вместе с ними и свою активность. В этом смысле комета Галлея — исключительный объект, поскольку продолжает оставаться активной, несмотря на свой уже 30-й наблюдаемый людьми приход к Солнцу.

### КОМЕТА ГАЛЛЕЯ ВБЛИЗИ

Говоря о результатах недавних экспедиций к комете Галлея, пожалуй, следует употреблять слово «предварительные». Ведь фактически до очередного «прихода» кометы ученые с увлечением и тщательностью будут обрабатывать, осмысливать, интерпретировать полученные данные, приоткрывая завесу над прошлым и строя прогнозы о будущем не

только кометы, но и нашей планеты, и даже всей Солнечной системы.

Первый и весьма важный результат — это безупречный пролет «через Венеру» к комете Галлея «Веги-1» и «Веги-2», прошедших на минимальном расстоянии от ядра кометы соответственно в 9000 и 8000 км с несущественными «потерями» (в смысле отказов научных приборов) и готовых продолжать выполнение научной программы, сценарий которой может быть дополнительно разработан.

Наибольший интерес, несомненно, представляют полученные данные о ядре кометы. Возможно, это один из основных, по крайней мере — весьма впечатляющих результатов. До эксперимента, осуществленного «Вегами», на многие вопросы не было более или менее однозначного ответа. Каково ядро, его природа, форма, размеры? Является ли оно монолитом или это система близко летящих тел? Какова динамика истечения из него материала? Какова температура ядра? Можно ли вообще увидеть ядро оптическими методами, в частности с помощью телевизионной камеры?

Всего с 4 по 11 марта 1986 года было передано на Землю около 1,5 тыс. снимков, из них несколько десятков содержат «портреты» ядра в различных ракурсах и спектральных областях. На многих снимках видны пылевые



Эдмунд Галлей — известный астроном, именем которого названа самая знаменитая из комет

выбросы (джеты) и структура приядерной зоны комы.

Корректная обработка результатов и детальный анализ, в которых участвуют коллективы научных организаций СССР и других стран, потребуют значительного времени, однако уже сегодня можно сделать некоторые, вполне определенные, хотя и предварительные выводы.

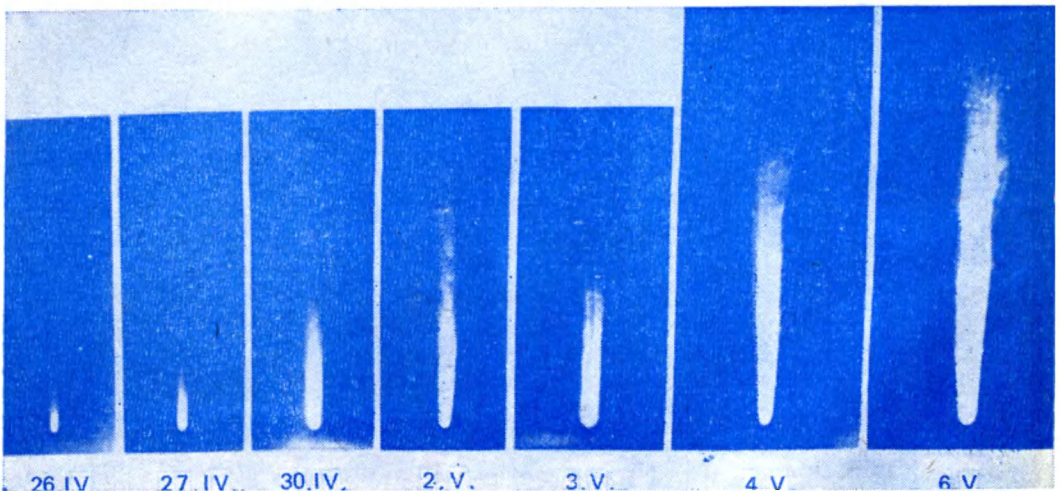
Ядро кометы, впервые исследованное космическими аппаратами «Вега-1» и «Вега-2», представляет собой монолитное тело вытянутой неправильной формы, длиной около 14 км по большой оси и около 7,5 км в поперечнике. Ось вращения близка к оси максимального момента инерции и лежит в конусе  $\pm 30^\circ$ , перпендикулярном плоскости эклиптики. Период вращения ядра — примерно 52 ч. С его поверхности каждую секунду испаряется около 40 т газа и пыли, за это время ядро покидает примерно  $10^{30}$  молекул  $H_2O$  — испарение идет практически по всей поверхности. Ядро — это в основном лед, но лед, покрытый тонким слоем черного пористого вещества с низкой теплопроводностью (толщина слоя  $\approx 1$  см). Альbedo ядра — порядка 5%, а яркостная температура — около  $350 \pm 20$  К. Это достаточ-

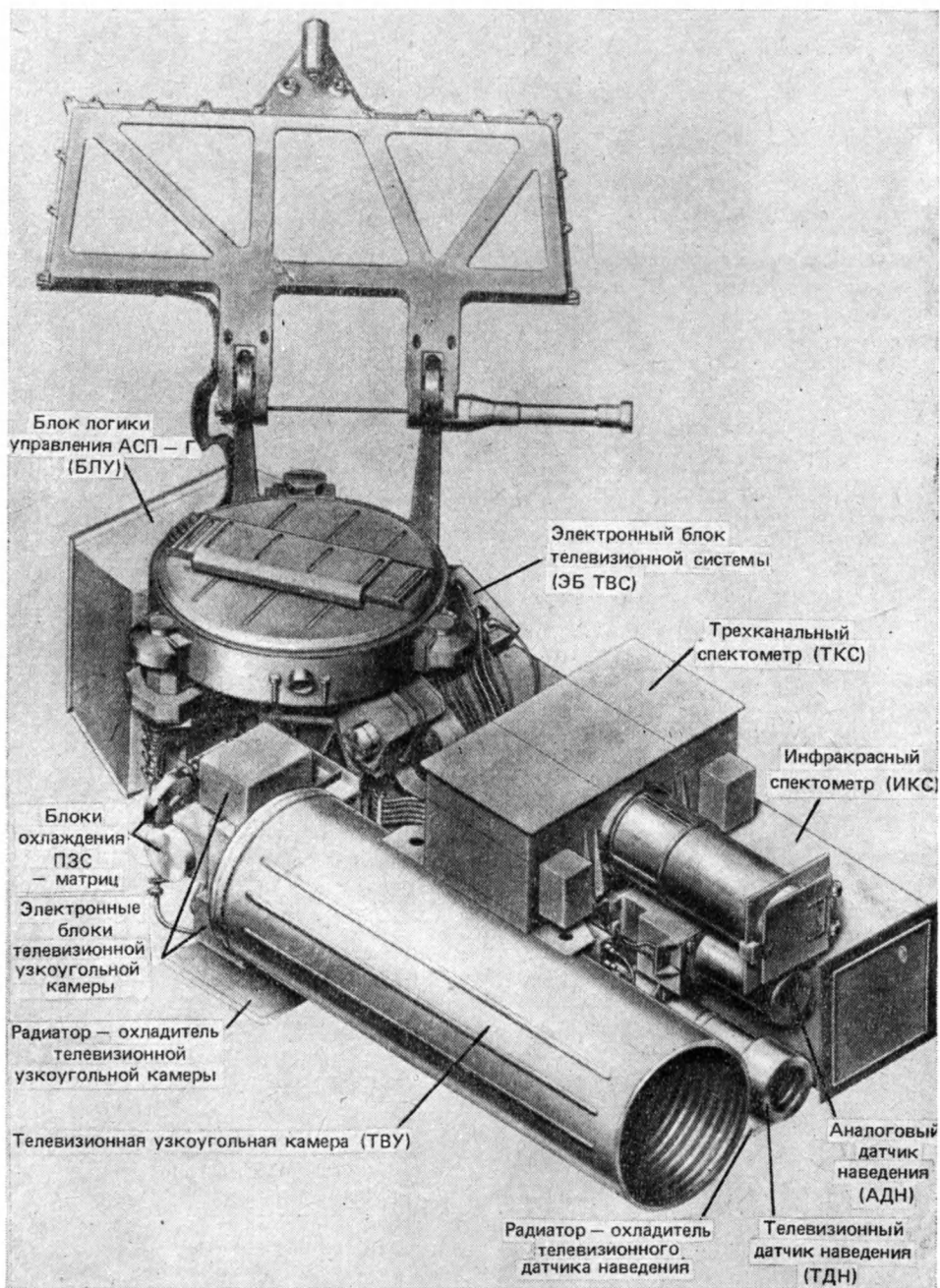
Серия снимков кометы Галлея, сделанных в 1910 году



но высокая температура (тем более для льда). Ранее предсказывалась температура 200—220 К.

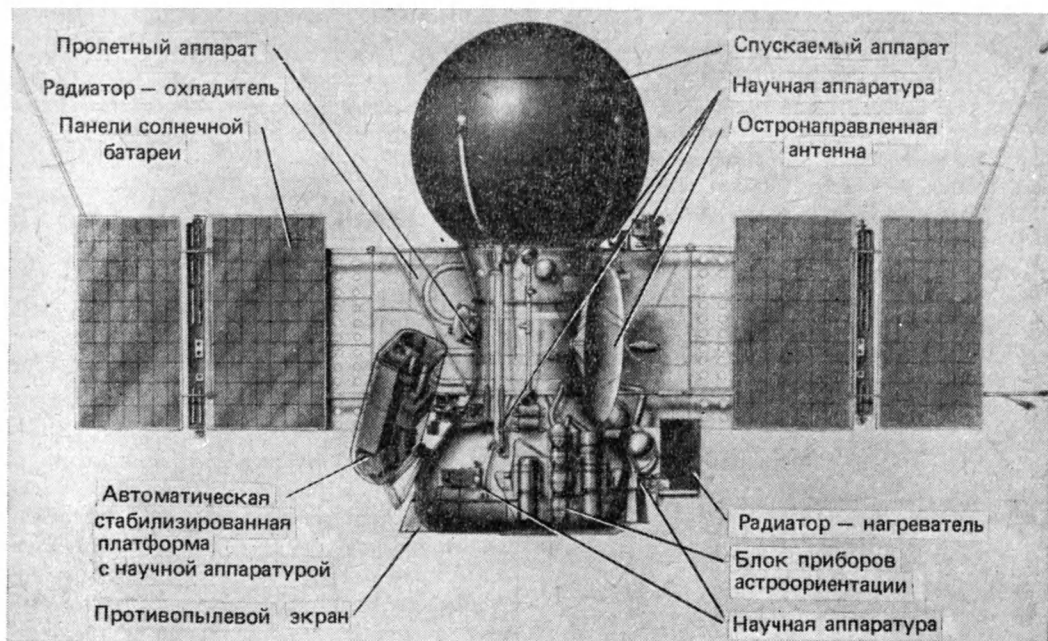
Впрочем, энергетический баланс для черной поверхности дает на соответствующем расстоянии от Солнца — 0,8 а.е. — даже более высокую температуру, которая, очевидно, в какой-то мере гасится из-за испарения льдов. Льды и другие замерзшие летучие вещества,



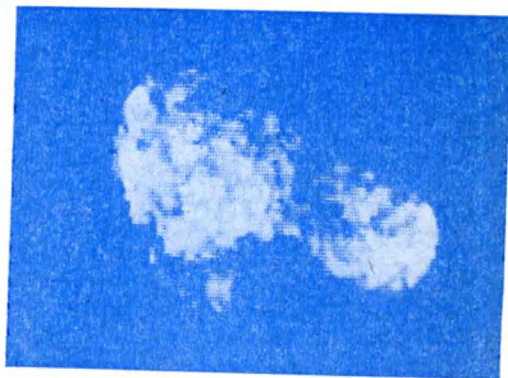


**Конструкция телевизионной платформы, установленной на космических аппаратах «Вега-1» и «Вега-2»**





**Основные узлы космического аппарата «Вега»**



**Снимки кометы Галлея, полученные «Вегой-2».**  
**Слева — необработанный снимок кометы Галлея, сделанный космическим аппаратом «Вега-2».**  
**Справа — тот же снимок после обработки**

содержащиеся в ядре, поставляют газ в кому. Очевидно, наблюдаемый поток газа — результат испарения со с ей освещенной поверхности, при этом около половины солнечной энергии переходит в теплоту испарения. И все же — откуда столь высокая температура в инфракрасной области спектра? Как совместить это с тем фактом, что ядро в основном состоит из льда?

Такая на первый взгляд противоречивая картина сравнительно просто объясняется моделью «весеннего сугроба»: лед покрыт слоем черного пористого вещества с низкой теплопроводностью, принимающего солнечное излучение, часть его этот слой переизлучает в ИК-диапазоне, а часть передает ледяному conglomerату, вызывая его испарение.

Молекулы  $H_2O$  в процессе испарения диффундируют к поверхности; покидая комету, они отрывают частицы из поверхностного слоя, которые и образуют поток пыли. Если поверхностный слой взламывается, то образуется активная область с интенсивным истечением вещества. Пористый слой, вероятно, сравнительно быстро обновляется, поскольку внутри «налипают» все новые частицы. Полное обновление слоя происходит в течение примерно суток. Таким образом, в результате космических исследований существенно уточнена одна из моделей кометного ядра, переставшая быть гипотетической и перешедшая в разряд описания природного явления, черты которого достаточно известны.

#### «ГЛАЗА» И «УШИ» ЭКСПЕРИМЕНТОВ

При проведении исследований оптические приборы были размещены на следящей за ядром платформе, созданной учеными СССР и ЧССР. С помощью научных приборов, установленных на платформе, выполнялись три важных эксперимента: съемка ядра телевизионной системой производства СССР, ВНР и Франции; измерение инфракрасного излучения от ядра и получение спектра инфракрасного излучения внутренних частей ядра с целью определения его состава посредством инфракрасного спектрометра (ИКС), разработанного специалистами СССР и Франции; измерение спектра излучения внутренней комы на длинах волн 2800—18000 Å с использованием трехканального спектрометра (ТКС),

созданного конструкторами СССР, НРБ и Франции.

Прямыми измерениями вдоль траектории полета получены данные о химическом составе пыли, газа и плазмы в коме. Химический состав и концентрация ионов плазмы определялись спектрометром кометной плазмы ПЛАЗМАГ производства Венгрии, СССР и ФРГ. Измерения показали, что в потоке газа, уходящего от ядра, больше всего водяного пара, но много и других компонентов — атомных (водород, кислород, углерод) и молекулярных (моноокись и двуокись углерода, гидроксил, циан и др.).

Химический состав твердых частиц, покинувших ядро под давлением газовых потоков, исследовался на траектории с помощью пылеударного масс-спектрометра ПУМА, разработанного специалистами СССР и ФРГ. Всего измерено около 2 тыс. пылинок. Состав их достаточно сложен и неоднороден. В некоторых частицах преобладают металлы: натрий, магний, кальций, железо и так далее — с примесью силикатов и молекул воды. Обнаружены пылинки, в которых наряду с металлами присутствует значительное количество углерода. Такая разнородность пылинок свидетельствует о сложной тепловой истории первичного материала Солнечной системы.

Кроме химического состава пылинок изучались количественные характеристики пылевого потока: число ударов частиц разной массы, характер распределения частиц по размерам и многое другое. Неожиданным оказалось аномально большое количество малых частиц размером порядка сотой доли микрометра.

Плазменный комплекс — он включал энергоспектрометр плазмы, магнитометр, анализаторы низкочастотных и высокочастотных плазменных волн, а также детектор заряженных частиц высоких энергий — позволил зарегистрировать гигантское плазменное образование размером около 1 млн. км. Оно возникает вследствие ионизации солнечным излучением газа, испаряющегося с ядра кометы и распространяющегося в межпланетную среду со скоростью порядка 1 км/с. Перед кометой в сверхзвуковом потоке солнечной плазмы обнаружен фронт ударной волны, которая удалена от кометы на несколько сотен тысяч километров. Выявлена поверхность, отделяю-



щая плазму солнечного происхождения от замагниченной плазмы кометного происхождения, поверхность эта отстоит от ядра кометы на расстоянии порядка нескольких десятков тысяч километров.

Измерен ионный состав плазмы во внутренних областях комы; наряду с основными составляющими  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$  (ожидаемыми) весьма неожиданно зарегистрированы ионы железа.

Словом, приборы — эти чуткие «глаза» и «уши» исследований, проведенных на борту

космических аппаратов «Вега-1» и «Вега-2», выполнили свое предназначение и зарекомендовали себя с самой лучшей стороны, что обеспечило высокое качество проведенных экспериментов.

Таковы кратко некоторые предварительные результаты, они, безусловно, будут дополняться, уточняться, интерпретироваться и, надо надеяться, многое дадут мировой науке.

## Метеорный дождь Драконид наблюдался!



Как уже сообщалось, астрономы имели все основания ожидать повторения в 1985 году метеорного дождя Драконид (Земля и Вселенная, 1985, № 4, с. 86.— *Ред.*). Напомним читателям, что метеорный поток Драконид (его радиант находится в созвездии Дракона) в 1933 и 1946 годах давал эффектные метеорные дожди. Этот поток связан с кометой Джакобини — Циннера, открытой в 1900 году. Выяснилось: в годы, когда наблюдались метеорные дожди, Земля проходила очень близко от орбиты кометы — родоначальницы роя.

Период обращения кометы Джакобини — Циннера вокруг Солнца почти точно равен 6,5 года, поэтому через каждые 13 лет комета и Земля приходят практически в одну точку — в узел орбиты кометы.

Естественно, что в 1959 и 1972 годах астрономы ожидали повторения метеорного дождя. Но ожидания были напрасными.

Как это объяснить? Надо сказать, даже незначительные отклонения Земли и роя могут привести к тому, что их «свидание» не состоится. Все зависит от того, кто придет на место встречи раньше, а кто позже и на сколько именно. Прогнозы на 1985 год были благоприятными. По эфемериде, вычисленной казанским астрономом профессором Ю. В. Евдокимовым,

максимум потока наступает в 5 ч всемирного времени 8 октября, по эфемериде, рассчитанной группой американских астрономов во главе с Д. Йомансом, — в 13 ч. Фактически максимум потока наблюдался в 10 часов.

Для большей части территории нашей страны и стран Европы максимум приходился на дневное время, поэтому визуально наблюдать метеоры было невозможно. Но дневной свет — не помеха для радиолокационных метеорных исследований. Метеорные радиолокаторы Института астрофизики Академии наук ТаджССР и Астрономической обсерватории имени Энгельгардта при Казанском университете зарегистрировали кратковременный метеорный дождь (общая длительность — около 3 часов). Активность потока усилилась в 9 ч (по всемирному времени), максимум наступил в 10 ч, но метеоры продолжали появляться до 12 ч. Численность метеоров в максимуме по оценкам душанбинских астрономов (руководитель Р. П. Чеботарев) — 1000 в час с квадратного радиана (учитывались метеоры ярче 4-й звездной величины); по оценкам казанских астрономов (руководитель О. И. Белько-

вич) — до 3000 в час, что примерно на порядок ниже, чем в 1946 году, когда мне довелось наблюдать этот поток.

Однако на Дальнем Востоке, где уже наступил вечер, метеорный дождь наблюдался и визуально. По сообщению начальника станции наблюдений ИСЗ Астрономического совета АН СССР Е. Д. Уткина (Южно-Сахалинск) метеорный поток наблюдался там всего 20 минут (с 11 ч 20 мин до 11 ч 40 мин), максимум пришелся на 11 ч 25 мин. Интенсивность потока достигала 40 метеоров в минуту (2400 в час), что не противоречит оценкам казанских и душанбинских ученых. Но почему максимум наступил позже?

Ответ на этот вопрос вскоре был получен. Астрономический кружок при Благовещенском Дворце пионеров (руководитель Н. В. Соколова) хорошо подготовился к наблюдениям и организованно провел их, зарегистрировав за 3,5 часа 405 метеоров. Кроме того, ребята отметили много слабых метеоров из созвездия Дракона. Исследования начались в 11 ч (по местному времени в 20 ч), но еще за час до них было видно много слабых метеоров. Наблюдался также яркий болид, издававший гул (возможно, электрофонный). После 12 ч 45 мин численность метеоров резко пошла на убыль, и через час поток иссяк окончательно. Любители астрономии из Благовещенска установили, что в начале активной фазы в потоке преобладали слабые, а в конце — яркие метеоры.

Распределение метеоров по их блеску выражается обычно степенной функцией с показателем степени, равным 2. Если показатель меньше двух — это указывает на относительное преобладание более ярких метеоров. Именно такое распределение получили специалисты Института астрофизики АН ТаджССР. Показатель (его еще называют фактором светимости) по мере наблюдений прогрессивно падал, дойдя в конце их до 1,6. Это и означало: яркие метеоры были в «хвосте» наблюдавшейся части потока, что и воспринималось визуальными наблюдателями, как смещение максимума.

Дракониды наблюдали и в селе Забайкальском Хабаровского края (руководитель — сотрудник ионосферной станции В. Д. Костромин). За

50 мин (от 10 ч до 10 ч 50 мин) исследователи заметили 83 метеора. Потом активность потока ослабла.

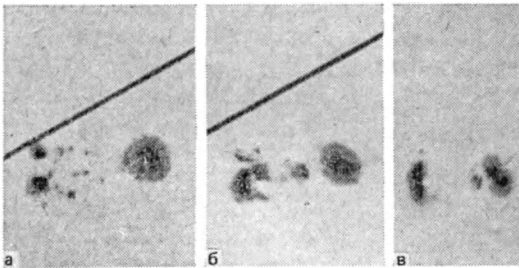
Почему же дальневосточные наблюдатели видели метеоров меньше, чем смогли зарегистрировать радиолокаторы? Причин здесь несколько. Во-первых, чувствительность радиолокаторов гораздо выше к слабым метеорам, чем чувствительность глаз человека, а во-вторых, приборы не знают усталости, не отвлекаются, на локатор не влияют подсветка неба, проходящие облака.

Многие астрономические кружки европейской части страны также наблюдали Дракониды в вечерние и ночные часы 7 и 8 октября. В эти часы метеоров было видно немного. Но и эти наблюдения представляют научный

интерес, так как позволяют уточнить структуру потока. Такие наблюдения провели члены астрономического кружка при Дворце пионеров Ростова-на-Дону (руководитель О. В. Черлик), группа любителей астрономии Крымского отделения ВАГО (руководитель В. В. Мартыненко), Кировского пединститута (руководители Е. И. Ковязин и М. Ф. Горшенников). 32 метеора из потока Драконид зафиксировал 11-летний наблюдатель из пос. Черниговка Запорожской области Олег Ищенко. Результаты наблюдений продолжают поступать.

Кандидат физико-математических наук  
В. А. БРОНШТЭН

## Солнце в апреле — мае 1986 года



Вторая половина марта и первая половина апреля 1986 года были бедны событиями на Солнце. Эпизодически появлялись лишь одиночные поры или небольшие группы их. Во второй половине апреля активность возросла. Хотя по-прежнему на диске

а, б, в — группа пятен 26, 27 и 28 апреля 1986 г. соответственно (снимки В. Ф. Кныш); г — головное пятно этой же группы 26 апреля 1986 г.

(снимок П. Г. Ковадло).

Фотографии получены на Байкальской астрофизической обсерватории СибИЗМИРА СО АН СССР

одновременно находилось не больше двух групп пятен, чаще — одна, но это были более развитые группы. Конфигурации запечатленной на фотографии группы и отдельных ее компонент — довольно сложные. Пятна бурно развивались как на стадии роста, так и разрушения. Существенные изменения можно было отметить уже примерно через сутки. Эта группа давала приращение числа Вольфа, доходившее в отдельные дни до 28—30 единиц. В мае пятнообразовательная активность в очередной раз снизилась до нулевой отметки.

Все наблюдавшиеся группы пятен были низкоширотными. Из этих и некоторых других признаков следует, что пока еще продолжается старый 11-летний цикл солнечной активности.

Кандидат физико-математических наук  
В. Г. БАНИН  
С. А. ЯЗЕВ

## Проект «Европейский геотраверс»

С 1983 года ряд стран выполняет международный проект «Европейский геотраверс», посвященный изучению строения, динамики и эволюции литосферы Европы. Самая первая информация, полученная на сейсмическом профиле протяженностью около 1800 км, прояснила структуру южного сектора этого региона. В Альпийско-Средиземноморской области максимальная мощность земной коры — в самой южной части Центральных Альп (55—60 км). Всего лишь в 50 км от нее, в Ломбардской низменности, толщина коры резко уменьшается до 31 км. К востоку от Ломбардской низменности, в районе горного массива Адамелло, кора снова утолщается до 46 км и в пределах зоны Ивреа (внутренняя дуга Западных Альп) имеет мощность от 50 км на западе бассейна реки По до 40—45 км под Западными Альпами. В направлении от Северных Апеннин к побережью Лигурийского моря мощность коры снова уменьшается — до 20—25 км. Под дном Лигурийского моря южнее Генуи земная кора утоньшается до 16—17 км. Этот минимум — примерно посередине между южными отрогами Западных Альп и островом Корсика.

Под дном Лигурийского моря южнее Прованса обнаружен район молодой океанической коры, отделенный от утонченной континентальной коры «переходной» зоной мощностью менее 14 км. Острова Корсика, Сардиния подстилаются чашеобразными участками коры толщиной 25—32 км, причем под некоторыми районами Тирренского моря вновь появляется молодая океаническая кора.

Предполагается продлить Европейский геотраверс далее на юг, вплоть до Туниса, включая дно омывающей его части Средиземного моря.

European Science Foundation

Communication, 1985, 12 (Франция)

## «Парниковый эффект» метана

До сих пор повышение средней температуры воздуха на земном шаре связывали с «парниковым эффектом», создаваемым накопившейся в атмосфере двуокисью углерода. Теперь же все больше появляется свидетельств, что «парниковый эффект» может вызвать также метан. Имеются данные, согласно которым концентрация атмосферного метана за последние 300 лет удвоилась, что, по-видимому, связано с хозяйственной деятельностью человека.

Группа швейцарских ученых из Бернского университета, возглавляемая Б. Штауффером, разработала новую методику изучения колонок льда, получаемых при бурении. Методика позволяет воссоздать подробную картину химизма атмосферы прошлого — столетия назад. Одна из таких колонок, поднятая на антарктической станции Сайпл, позволила судить о составе атмосферы и его изменениях каждые двадцать лет, начиная с 1750 года.

Оказалось, что сначала метан накапливался медленно, после 1915 года процесс накопления этого газа начал бурно нарастать, а ныне он идет даже быстрее, чем накопление двуокиси углерода. Такая усиливающаяся тенденция, по-видимому, отражает изменение характера антропогенной деятельности. Когда двуокись углерода выделялась при сжигании ископаемых топлив, монооксид углерода поступал в земную атмосферу в небольших количествах. Когда же кроме топлива стали сжигать значительные объемы биомассы (как это происходит ныне при сведении тропических лесов), количество монооксида углерода неизмеримо возросло. Монооксид углерода способен активно поглощать радикалы ОН из атмосферы, чем и способствует росту количества метана.

## НОВЫЕ КНИГИ

### «Космос и погода»

Так называется новая научно-популярная книга Ю. Г. Мизуна, посвященная проблеме воздействия космических явлений на формирование погоды на Земле (М.: Наука, 1986). В тринадцати небольших главах автор излагает современные представления о природе солнечно-земных связей, детально знакомит с влиянием солнечной активности на земную погоду. Читатель узнает о физической сущности процессов, которые начинаются на Солнце и заканчиваются в погодном слое земной атмосферы. Воздействие на погоду осуществляют корпускулярные солнечные потоки — заряженные частицы различных энергий; их энергия передается атмосферному газу, вызывая в конце концов изменения в его динамике и меняя, таким образом, его циркуляцию, а значит, и характеристики погоды.

Автор знакомит читателя со строением Солнца, параметрами солнечной активности, свойствами земной магнитосферы, механизмом крупномасштабных планетарных волн, возбуждаемых в земной атмосфере. Очерковая форма изложения материала сделала книгу не только привлекательной, но и позволила широко охватить физику рассматриваемых явлений и их причинно-следственные связи.

Как подчеркивает сам автор, идеи о влиянии Солнца, межпланетного пространства и земной магнитосферы на погоду нашей планеты пока не получили полного признания. Поэтому автор надеется, что его книга будет способствовать распространению этих идей среди специалистов-метеорологов. Она также будет полезна всем, кто интересуется устройством окружающего нас мира, и поможет детально ознакомиться с современным состоянием проблемы солнечно-земных связей.

Science, 1985, 229

Доктор физико-математических наук  
В. М. ЛЮТЫЙ

Доктор физико-математических наук  
А. М. ЧЕРЕПАЩУК



## Оптические исследования рентгеновских двойных систем

**В последнее время появилась возможность «взвешивать» релятивистские объекты и отождествлять их с нейтронными звездами или черными дырами. О том, как это делается, о возникающих сложных проблемах и рассказывает статья.**

### РЕНТГЕНОВСКИЕ ДВОЙНЫЕ — ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

Существуют тесные пары звезд, у которых одна компонента — нормальная, непроволюционировавшая звезда, а вторая — звезда, уже исчерпавшая свои внутренние источники ядерной энергии и превратившаяся либо в нейтронную звезду, либо в черную дыру. Вещество с поверхности нормальной звезды перетекает на релятивистский объект (Земля и Вселенная, 1985, № 2, с. 24.—Ред.). Это и есть рентгеновские двойные системы.

Благодаря огромному гравитационному потенциалу вблизи релятивистского объекта падающее вещество приобретает чрезвычайно высокие скорости движения, сравнимые со скоростью света (отсюда и название — релятивистский объект). В 1964 году Я. Б. Зельдович показал, что в процессе аккреции вещество может разогреваться до температур в десятки миллионов градусов, это и приводит к феномену рентгеновского излучения. Энерговыделение при аккреции вещества на нейтронную звезду или черную дыру может составлять 10—30% энергии покоя упавшего вещества, что в десятки раз больше энергии, которая выделяется при ядерных реакциях. Отсюда понятно: даже при сравнительно небольшом темпе аккреции рентгеновские двойные системы — достаточно мощные источники рентгеновского излучения. Так, например,

аккреция вещества на нейтронную звезду с темпом  $10^{-9} M_{\odot}/\text{год}$  обеспечивает светимость рентгеновского источника в  $10^{37}$  эрг/с, это в несколько тысяч раз превышает светимость Солнца.

Впервые космические источники рентгеновского излучения были открыты с помощью ракет, выводимых за пределы атмосферы, в начале 60-х годов. То, что такие источники представляют собой двойные системы, было установлено с борта специализированного рентгеновского спутника «УХУРУ» (США) в 1971—1972 годах.

Аккреция газа на релятивистский объект в тесной двойной системе чаще всего сопровождается формированием аккреционного диска вокруг этого объекта. Теорию дисковой аккреции вещества на релятивистские объекты в двойных системах разработал Н. И. Шакура в 1971—1972 годах. В дальнейшем она была развита в работах Н. И. Шакуры и Р. А. Сюняева (1972—1973 гг.). Следует подчеркнуть, что эти исследования были выполнены еще до открытия рентгеновских двойных систем и позволили понять природу компактных рентгеновских источников. В этих работах авторы показали, что внутренние части аккреционных дисков разогреваются до температур в десятки миллионов градусов и излучают в рентгеновском диапазоне электромагнитного спектра. В последующих работах те же авторы исследовали наблюдательные проявления аккреционных дисков при различных режимах падения вещества, вопросы устойчивости аккреционных дисков, эффекты переизлучения в оптическом диапазоне части рентгеновского потока центральных районов внешними областями аккреционного диска. Впервые был качественно изучен режим, сверхкритической аккреции, то есть когда давление излучения



центральных областей диска превосходит силу притяжения релятивистского объекта.

К настоящему времени число работ по теории аккреции вещества на релятивистские объекты исчисляется сотнями. Детально исследована физика процессов, возникающих при падении вещества на релятивистские объекты, и сделаны важные предсказания по наблюдательным проявлениям этих объектов. Теоретические исследования и предсказания получили полное подтверждение в рентгеновских наблюдениях и были положены в основу построения замкнутой, самосогласованной картины сложных физических процессов, происходящих в рентгеновских двойных системах, что позволило создать надежные математические модели, необходимые для количественной интерпретации наблюдательных данных.

#### ЧЕМ ВАЖНЫ ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ?

Энергетика, спектр, переменность и поляризация рентгеновского излучения несут много информации о физических характеристиках релятивистских объектов в рентгеновских двойных системах. Однако, опираясь на данные, полученные только из рентгеновских наблюдений, установить такую важнейшую характеристику релятивистского объекта, как его масса, практически невозможно. Между тем, именно масса — тот фундаментальный параметр, знание которого в высшей степени необходимо для отождествления релятивистского объекта с нейтронной звездой или черной дырой.

Согласно современным расчетам, масса нейтронной звезды не может превосходить  $2-3 M_{\odot}$ . Для больших значений масс релятивистских объектов давление вырожденного нейтронного вещества не в состоянии удерживать объект от неограниченного сжатия под действием сил гравитации в черную дыру. Существование верхнего предела массы нейтронной звезды определяется в основном эффектами общей теории относительности. Величина предельного значения массы не превышает  $3 M_{\odot}$ .

Чтобы определить массы релятивистских объектов, необходимо исследовать их оптические компоненты. Оптическая звезда, обращаясь вокруг релятивистского объекта, стано-



Современная модель рентгеновской двойной системы

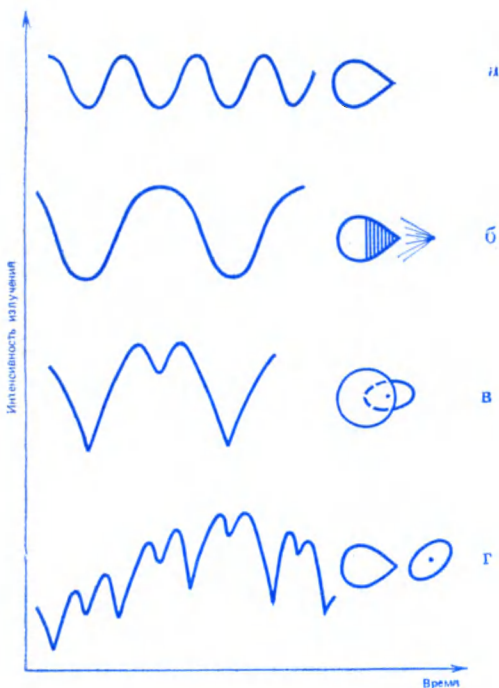
(AARDE AND KOSMOS, 1985, 7)

вится своеобразным пробным телом в его поле тяжести. Изучая методами классической (оптической) астрономии движение и свойства обычной звезды, можно установить массу релятивистской компоненты. Кроме того, оптическая звезда, перехватывая часть рентгеновского излучения релятивистского объекта, перерабатывает его в видимое излучение. Это дает возможность изучать характеристики рентгеновского источника методами оптической астрономии.

Таким образом, рентгеновские и оптические исследования двойных систем с релятивистскими объектами прекрасно дополняют друг друга: рентгеновские наблюдения позволяют надежно идентифицировать рентгеновский источник с релятивистским объектом, а оптические — находить массу этого объекта и отождествлять его с нейтронной звездой или черной дырой.

#### ТИПЫ ОПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОСТИ

Известны четыре основных типа оптической переменности рентгеновских двойных систем (Земля и Вселенная, 1975, № 5).



Четыре типа оптической переменности рентгеновских двойных систем: а — эффект эллипсоидальности оптической звезды; б — эффект отражения; в — затмения; г — прецессия аккреционного диска

Первый тип характеризуется тем, что под действием приливных эффектов со стороны невидимого в оптическом диапазоне релятивистского объекта оптическая звезда деформируется и становится эллипсоидальной или даже грушевидной. Орбитальное вращение двойной системы вызывает регулярную переменность в оптическом диапазоне, эффект эллипсоидальности.

Второй тип оптической переменности связан с мощным рентгеновским излучением релятивистского объекта, которое прогревает поверхность оптической звезды, а орбитальное вращение двойной системы приводит к тому, что наблюдатель видит то прогретую, то холодную часть поверхности звезды. Так, в системе Геркулес X-1 — HZ Геркулеса на поверхность горячей оптической звезды, обращенную к рентгеновскому источнику, падает в виде рентгеновского излучения в десять раз больше энергии, чем поступает из ее недр.

Это вызывает периодическую переменность блеска двойной системы — эффект отражения. Оба типа оптической переменности — эффект эллипсоидальности и эффект отражения — были впервые обнаружены и изучены Р. А. Сюняевым и авторами статьи в 1972 году.

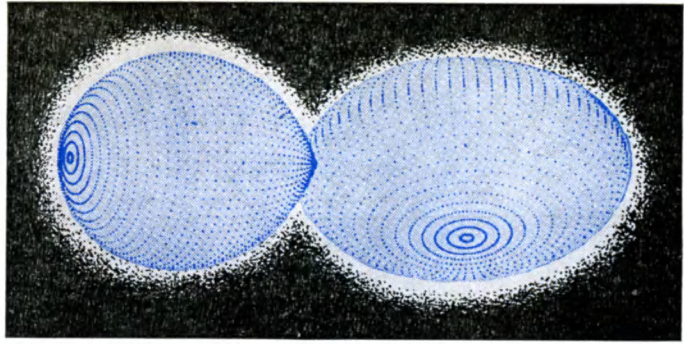
Модель эффекта отражения в системе Геркулес X-1 — HZ Геркулеса позволила сделать вывод, что 35-дневный цикл рентгеновского излучения в этой системе связан не с выключением рентгеновского источника, а вызван геометрическими эффектами экранирования для земного наблюдателя рентгеновского пульсара, поскольку форма оптической кривой блеска весьма слабо меняется в зависимости от фазы 35-дневного цикла. Даже в период аномального поведения системы — её длительного выключения в 1983 году (Земля и Вселенная, 1985, № 6) — оптическая кривая блеска почти не изменилась. Это свидетельствует о том, что и тогда оптическая звезда интенсивно прогревалась рентгеновским излучением. Большой вклад в выяснение природы оптической переменности рентгеновской двойной системы Геркулес X-1 — HZ Геркулеса внесли Н. Е. Курочкин, Ю. Н. Ефремов, Дж. и Н. Бакалл (США).

Итак, эффект отражения позволяет изучать характеристики рентгеновских источников методами традиционной оптической астрономии. С другой стороны, величина оптической переменности, связанной с эффектом эллипсоидальности, является важнейшей характеристикой при оценке масс релятивистских объектов в двойных системах.

Эффекты эллипсоидальности и отражения, открытые и изученные в системах Лебеда и Геркулеса, оказались типичными для большинства рентгеновских двойных систем. Они стали надежным тестом для отождествления рентгеновских источников с оптическими звездами: совпадение периодов и фаз рентгеновской и оптической переменности подтверждает достоверность идентификации.

Два других типа оптической переменности рентгеновских двойных систем связаны с тем обстоятельством, что довольно часто вокруг релятивистского объекта образуется аккреционный диск. Как показали Н. И. Шакура и Р. А. Сюняев, аккреционный диск утолщается к внешней границе, поэтому его наружные области перехватывают часть рентгеновского излучения центрального источника. Это при-

Математическая модель  
рентгеновской  
двойной системы.  
Построена  
с помощью ЭВМ

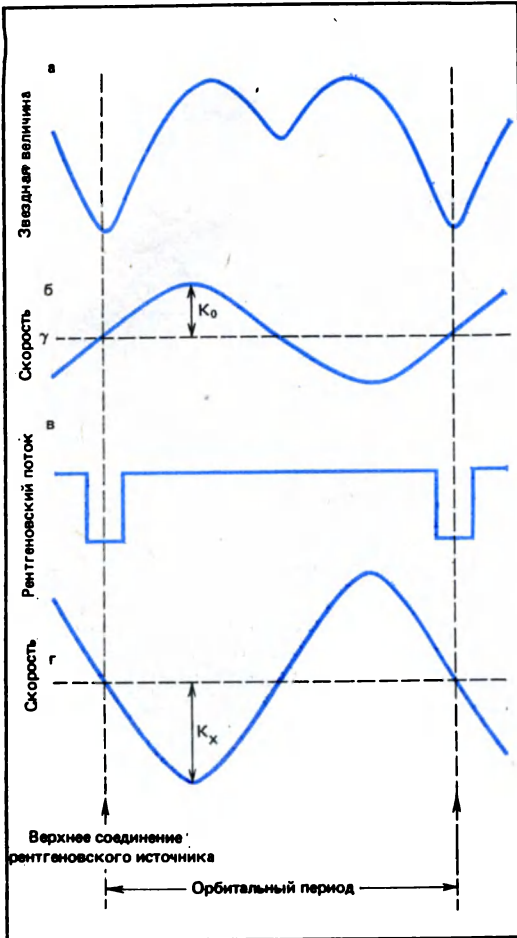


водит к разогреву внешних областей диска и излучению в оптическом диапазоне спектра.

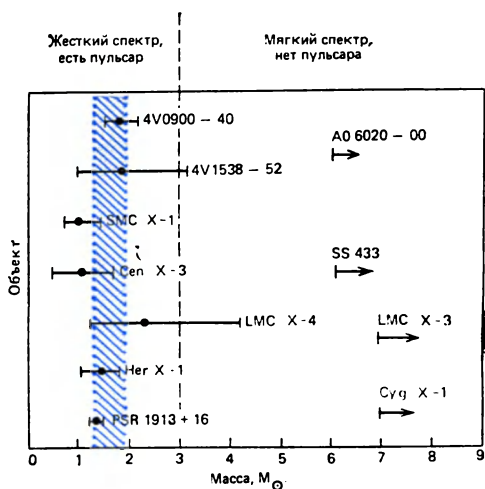
Впервые затмения такого оптически яркого аккреционного диска нормальной звездой

были открыты в системе Геркулес X-1. Анализ этих оптических затмений позволил установить, что оптическая светимость диска составляет несколько процентов от светимости рентгеновского источника, а температура диска  $\sim 10^4$  К, что согласуется с предсказанием теории дисковой аккреции.

Прецессия аккреционного диска также вносит вклад в оптическую переменность рентгеновских двойных систем. Слабая асимметрия взрыва сверхновой в двойной системе может нарушить симметрию истечения вещества из оптической звезды к релятивистскому объекту. Это приводит к несовпадению плоскости аккреционного диска с плоскостью орбиты. Как показал Н. И. Шакура в 1972 году, в этом случае диск способен прецессировать с периодом много большим периода двойной системы. Именно прецессия и приводит к долгопериодической переменности рентгеновского и оптического излучений системы. Особенно ярко такая прецессионная переменность оптической светимости наблюдается в объекте SS 433, где затменная переменность с периодом 13,1 суток промодулирована периодом в 164 дня (Земля и Вселенная, 1986, № 1).



Данные наблюдений рентгеновской двойной системы, позволяющие надежно «взвесить» релятивистский объект: а — оптическая кривая блеска; б — кривая лучевой скорости нормальной (оптической) звезды; в — рентгеновские затмения (если они наблюдаются); г — кривая лучевой скорости рентгеновского источника (по доплеровскому смещению частоты пульсарного периода).  $K_0$  и  $K_x$  — орбитальная скорость оптической звезды и рентгеновского источника;  $\gamma$  — скорость центра масс системы



Массы рентгеновских пульсаров и радиопулсара PSR 1913+16, а также кандидатов в черные дыры (A 0620-00, SS 433, LMC X-3, Cyg X-1). Заштрихованная полоса соответствует теоретическому значению массы нейтронной звезды. Пунктирная прямая соответствует теоретическому верхнему пределу массы нейтронной звезды ( $3 M_{\odot}$ ), предсказываемому общей теорией относительности. Интересно то, что ни у одного из кандидатов в черные дыры не наблюдается строго периодических пульсаций рентгеновского излучения. Таким образом, нейтронные звезды и кандидаты в черные дыры отличаются не только по массам, но и наблюдательными проявлениями в рентгеновском диапазоне спектра

Следовательно, четыре типа оптической переменности — эффекты эллипсоидальности, отражения, затмения и прецессионная переменность — позволяют изучать важнейшие характеристики рентгеновских двойных систем.

## ЧТО ДАЮТ ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время численное моделирование на ЭВМ рентгеновской двойной системы дает возможность учитывать все четыре типа оптической переменности. В таких расчетах фигура оптической звезды принимается совпадающей с одной из эквипотенциальных поверхностей Роша, а вокруг релятивистского объекта предполагается наличие прецессирующего аккреционного диска. Имея математиче-

скую модель рентгеновской двойной системы и методы решения соответствующей обратной задачи, можно из кривой блеска и кривых лучевых скоростей установить параметры системы. Кривые лучевых скоростей оптической звезды и рентгеновского пульсара в двойной системе определяют величины  $m_x \sin^3 i$  и  $m_y \sin^3 i$ , где  $m_x$ ,  $m_y$  — массы рентгеновского источника и оптической звезды,  $i$  — наклонение орбиты (угол между лучом зрения и нормалью к плоскости орбиты).

Значение угла  $i$  устанавливается по длительности рентгеновского затмения (если система затменная в рентгеновском диапазоне) и из решения обратной задачи интерпретации оптической кривой блеска системы. Когда регулярные пульсации рентгеновского излучения отсутствуют (например, в случае рентгеновских источников — кандидатов в черные дыры), можно определить лишь функцию масс для оптической звезды:  $m_x^3 \sin^3 i / (m_x + m_y)^2$ . Чтобы найти массы  $m_x$  и  $m_y$ , необходимо располагать еще и информацией о расстоянии до системы. Таким образом, оптические наблюдения рентгеновских двойных систем и их анализ с помощью современных математических методов позволяют, так сказать, «взвешивать» релятивистские объекты.

Решение обратной задачи интерпретации многолетних фотометрических наблюдений объекта SS 433 показало: вклад аккреционного диска составляет свыше 60% полной оптической светимости системы, нормальная звезда заполняет свою полость Роша, а масса релятивистского объекта заведомо превышает  $6 M_{\odot}$ , что дает основание считать его кандидатом в черные дыры.

Фотометрические наблюдения рентгеновской двойной системы Лебедь X-1, проводившиеся авторами статьи более 10 лет, позволили получить высокоточные оптические кривые блеска этой системы. Применяя к наблюдательным данным математический аппарат решения обратных задач, мы смогли построить модель системы Лебедь X-1, впервые описывающую все виды оптической переменности с точностью ошибок наблюдения. На основе такой модели удалось надежно оценить массу рентгеновского источника в системе Лебедь X-1. Она оказалась больше  $7 M_{\odot}$ . Аналогичным образом была получена оценка массы рентгеновского источника в системе LMC X-3: и здесь  $M_x > 7 M_{\odot}$ . Большинство



же рентгеновских источников в двойных системах имеют массы, не превышающие  $3 M_{\odot}$ .

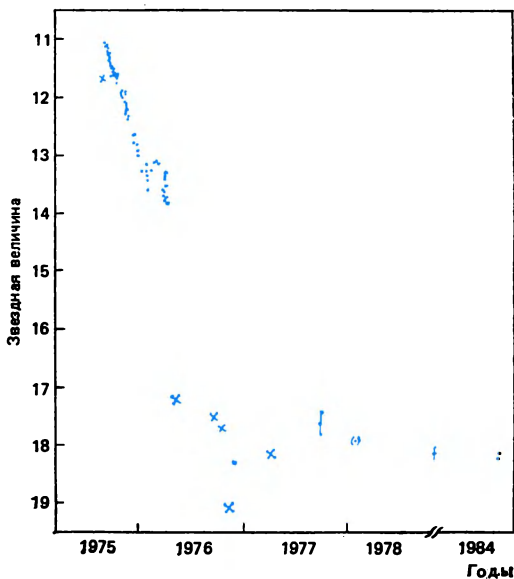
Таким образом, к настоящему времени среди массивных рентгеновских двойных систем известны три реальных кандидата в черные дыры: Лебедь X-1, LMC X-3, SS 433.

Чрезвычайно важно, что и рентгеновские проявления этих двух групп объектов в зависимости от массы рентгеновского источника кардинально различаются. В тех случаях, когда в двойной системе наблюдается рентгеновский пульсар и удается надежно оценить его массу (к настоящему времени есть 6 таких определений), она оказывается не превышающей  $3 M_{\odot}$ , то есть не больше теоретического верхнего предела, предсказанного общей теорией относительности для массы нейтронной звезды. Когда же массы рентгеновских источников превышают  $6-7 M_{\odot}$ , строго периодических регулярных пульсаций рентгеновского излучения, характерных для быстро вращающихся замагниченных нейтронных звезд, не наблюдается.

Такой результат весьма значителен и имеет важные последствия для проверки общей теории относительности в случае сильных гравитационных полей.

## НОВОПОДОБНЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ

Особый интерес представляют новоподобные, **временные рентгеновские источники**. В отличие от классических рентгеновских двойных систем, таких, например, как Лебедь X-1, Геркулес X-1, мощный рентгеновский поток от временных источников наблюдается в течение 1—3 недель, а затем источник «исчезает». Некоторые из этих объектов вспыхивали неоднократно. Временные рентгеновские источники отождествляются как с массивными звездами, обладающими эмиссионными линиями в спектрах, так и с маломассивными красными карликами. Эти два типа объектов отличаются и по рентгеновским характеристикам. В первом случае, то есть когда двойная система состоит из массивной звезды и релятивистского объекта, рентгеновский спектр жесткий (соответствует более высокой температуре), наблюдается рентгеновский пульсар. Во втором — маломассивный красный карлик в паре с релятивистским объектом — спектр мягкий, рентгеновских пульсаций нет.



Оптическая кривая блеска Новой Единорога 1975 г. (ярчайшая рентгеновская новая A 0620-00) по фотоэлектрическим наблюдениям. В отдельных случаях добавлены фотографические (крестики) данные. Наблюдения 1984 года, выполненные на 6-метровом телескопе САО АН СССР

Наиболее полно исследован обнаруженный с борта английского рентгеновского спутника «АРИЭЛЬ-5» временный источник A 0535+26 в созвездии Тельца. Источник был отождествлен (по координатам) с яркой голубой звездой HDE 245770. Объект A 0535+26 оказался медленным пульсаром с периодом 104 секунды. Рентгеновские вспышки наблюдаются довольно регулярно с циклом  $\sim 111$  дней. К сожалению, ни период пульсара, ни рентгеновский цикл до сих пор не обнаружены в оптическом диапазоне, так что, строго говоря, пока нет полной уверенности в правильности отождествления. Хотя рентгеновский цикл в 111 дней связывают с орбитальным периодом, регулярная переменность лучевой скорости HDE 245770 с этим периодом пока не установлена. Имеются, однако, указания на то, что орбитальный период в данной системе порядка 37 дней, то есть сильная рентгеновская вспышка наблюдается в среднем через 3 орбитальных периода.

В отличие от A 0535+26, где период пуль-

сара велик, для источника 4V 0115+63 (пульсар с периодом 3,6 секунды) орбитальный период 24,3 дня найден по доплеровским смещениям частоты пульсаций. При этом оказалось: у орбиты большой эксцентриситет — 0,34. По-видимому, к такому же классу относится и загадочная система X Персея — рентгеновский пульсар с периодом 13,9 минут. Возможно, эта система содержит массивную звезду с орбитальным периодом в 580 суток.

Новоподобные рентгеновские источники с маломассивными оптическими компонентами — красными карликами — обычно имеют малые орбитальные периоды: порядка суток и меньше. Например, орбитальный период системы Орел X-1 составляет ~1,3 дня (Земля и Вселенная, 1980, № 3, с. 52.— Ред.). В подобных случаях, как правило, рентгеновская вспышка сопровождается оптической, что скорее всего связано с переработкой рентгеновского излучения на оптической звезде и аккреционном диске (своеобразный эффект отражения).

В начале августа 1975 года в созвездии Единорога вспыхнул рентгеновский источник А 0620—00 (обозначение по каталогу рентгеновских источников, обнаруженных со спутника «АРИЭЛЬ-5»). Этот источник в течение двух недель был в несколько раз ярче источника Скорпион X-1 — второго после Солнца по яркости в рентгеновском диапазоне (Земля и Вселенная, 1976, № 5, с. 70.— Ред.). Вскоре в том же месте обнаружили вспышку оптической новой звезды (Земля и Вселенная, 1976, № 3, с. 41.— Ред.). Наблюдения последних лет, когда Новая Единорога вернулась к минимуму блеска (~18<sup>m</sup>), показали, что блеск звезды меняется с амплитудой порядка 0,2<sup>m</sup>, удваивая волну за орбитальный период (эффект эллипсоидальности оптической звезды). Орбитальный период оказался коротким — около 8 часов, то есть это очень тесная двойная система.

Недавние спектральные наблюдения позволили установить: функция масс системы V 616 Единорога (А 0620-00) очень велика, и масса рентгеновского источника должна превышать 5 M<sub>☉</sub>, то есть релятивистский объект здесь может быть черной дырой! Очень важно то, что и у этого объекта (четвертого кандидата в черные дыры) не наблюдается регулярных рентгеновских пульсаций, характерных для нейтронных звезд. Интересно, в этой системе обнаружено дополнительное оптическое излу-

чение, которое обусловлено или наличием аккреционного диска или существованием третьей звезды в системе. Дальнейшие исследования системы V 616 Единорога и других подобных систем представляются в высшей степени перспективными.

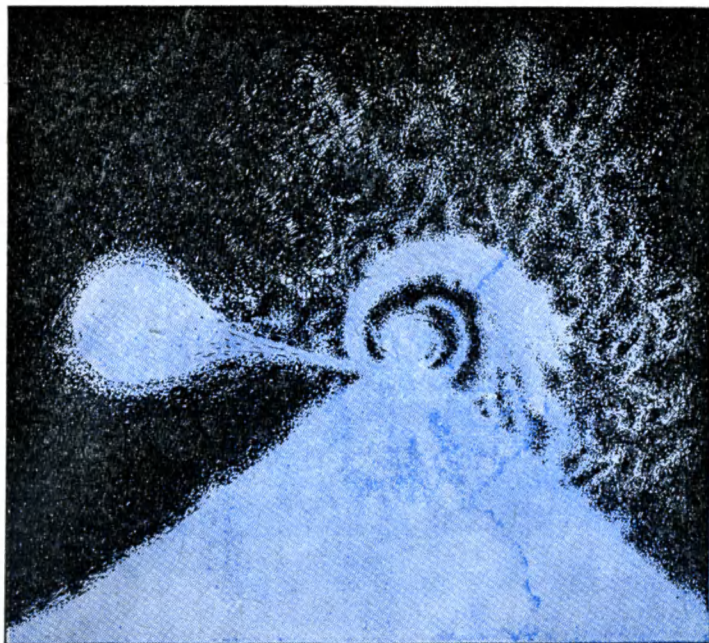
## НОВАЯ ОБЛАСТЬ АСТРОФИЗИКИ

Исследование рентгеновских источников в двойных системах и наземными оптическими методами, и в рентгеновском диапазоне спектра с борта космических аппаратов стало чрезвычайно актуальной областью современной астрофизики. Выполнены и планируются многочисленные спутниковые рентгеновские эксперименты как в нашей стране, так и за рубежом, используются крупнейшие оптические телескопы, самые совершенные вычислительные средства обработки информации. Уже получен целый ряд фундаментальных результатов. О некоторых из них, относящихся к определению масс релятивистских объектов, мы рассказали выше. Перечислим ряд других результатов, наиболее тесно связанных с оптическими исследованиями рентгеновских двойных систем:

1. Мощное рентгеновское излучение (светимость более 10<sup>38</sup> эрг/с) наблюдается лишь в двойных системах с заметным эффектом эллипсоидальности (амплитуда более 0,04<sup>m</sup>). Более того, намечается корреляция: чем сильнее деформирована оптическая звезда под действием притяжения релятивистского объекта и, следовательно, чем сильнее темп поступления вещества в аккреционный диск, тем больше рентгеновская светимость релятивистского объекта (исключение составляет объект SS 433 — там диск оптически толст для рентгеновского излучения и огромная энергия, выделяемая при аккреции, перерабатывается в оптическое излучение). Эти факты доказывают, что излучение в рентгеновском диапазоне связано с аккрецией вещества, поставляемого оптической звездой на релятивистский объект.

2. Как показывает строгий анализ наблюдений, в тех случаях, когда в рентгеновской двойной системе наблюдается оптически яркий аккреционный диск (объект SS 433), оптическая звезда целиком заполняет свою полость Роша. В большинстве же классических рентгеновских двойных систем оптические

**Релятивистский узконаправленный выброс вещества из сверхкритического аккреционного диска в системе SS 433. Модель двойной системы изображена так, что луч зрения наблюдателя перпендикулярен плоскости орбиты**



звезды лишь близки к заполнению своих полостей Роша. Тогда темп поступления вещества в аккреционный диск сравнительно невелик, диск оптически тонок для рентгеновского излучения и его внутренние части являются мощным рентгеновским источником. Оптические исследования рентгеновских двойных систем, таким образом, дают важное подтверждение современных представлений об эволюции массивных тесных двойных систем (Земля и Вселенная, 1982, № 2; 1985, № 1).

3. Оптические исследования объекта SS 433 прямо указывают на сверхкритический режим дисковой аккреции, впервые рассмотренный в 1973 году Н. И. Шакурой и Р. А. Сюняевым. Новым и неожиданным проявлением режима сверхкритической аккреции стало открытие перпендикулярных к плоскости диска узконаправленных выбросов сравнительно холодного вещества, имеющего релятивистские скорости (более четверти скорости света). Поскольку подобные релятивистские узконаправленные выбросы вещества наблюдаются у многих ядер галактик и квазаров, оптические исследования SS 433 и других рентгеновских двойных систем дают важную информацию, необходимую для понимания природы этих интереснейших космологических объектов.

4. Поскольку в случае объекта SS 433 по доплеровским сдвигам стационарных линий в оптическом диапазоне мы «видим», как вещество нормальной звезды поступает в сверхкритический аккреционный диск, можно сде-

лать вывод о том, что формирование релятивистских выбросов вещества в объекте SS 433 связано с аккрецией вещества на релятивистский объект. Такой факт имеет важное значение для понимания природы ядер галактик и квазаров.

5. Интересным результатом оптических исследований стало обнаружение массивного релятивистского объекта в созвездии Единорога (четвертого кандидата в черные дыры, с массой более  $5 M_{\odot}$ ) в паре с маломассивной оптической звездой, что ставит серьезные проблемы перед современной теорией эволюции тесных двойных систем.

Оптические исследования рентгеновских двойных систем в настоящее время активно продолжаются в различных обсерваториях нашей страны и за рубежом. Несомненно, это перспективное научное направление даст еще много нового и неожиданного в изучении природы релятивистских объектов и физики тесных двойных систем. Уже на протяжении 10 лет в нашей стране проводится всесоюзная координация рентгеновских и оптических исследований рентгеновских двойных систем. Эта координация осуществляется Астросоветом АН СССР, Государственным астрономическим институтом имени П. К. Штернберга и Институтом космических исследований АН СССР.



## Декаметровая астроспектроскопия

**В Советском Союзе разработан метод исследования разреженных, холодных космических тел по линиям углерода в декаметровом диапазоне. Метод позволил впервые определить физические характеристики этих тел.**

Как известно, радиоастрономические исследования дают огромный поток ценной астрофизической информации. Диапазон радиоволн, используемых в радиоастрономии, весьма широк и в высокочастотную сторону простирается вплоть до инфракрасной границы — длин волн около 1 мм. С низкочастотной стороны возможности радиоастрономических наблюдений ограничены влиянием ионосферы, содержащей большое число заряженных частиц — электронов и ионов (Земля и Вселенная, 1981, № 5). Подобно экрану, ионосфера не пропускает к Земле длинноволновое космическое радиоизлучение. Граничные частоты, ниже которых ионосфера уже непрозрачна для радиоволн, лежат вблизи 10 МГц, поэтому декаметровый диапазон 10—30 м (10—30 МГц) и считается предельно допустимым для наземной радиоастрономии.

Конечно, влияние ионосферы можно было бы исключить, выводя радиотелескоп в космическое пространство, однако для декаметрового диапазона размеры радиотелескопов столь велики (порядка нескольких километров), что пока такие проекты — область научной фантастики.

Декаметровым диапазоном пользуется практически каждый современный человек, даже далекий от радиоастрономии: на этих волнах работает множество радиостанций, передачи которых можно услышать с помощью приемника, имеющего КВ диапазоны. Но если для радиослушателей чем больше радиостанций, тем лучше, то для радиоастрономии они скорее бедствие. По этой причине (к сожалению, не

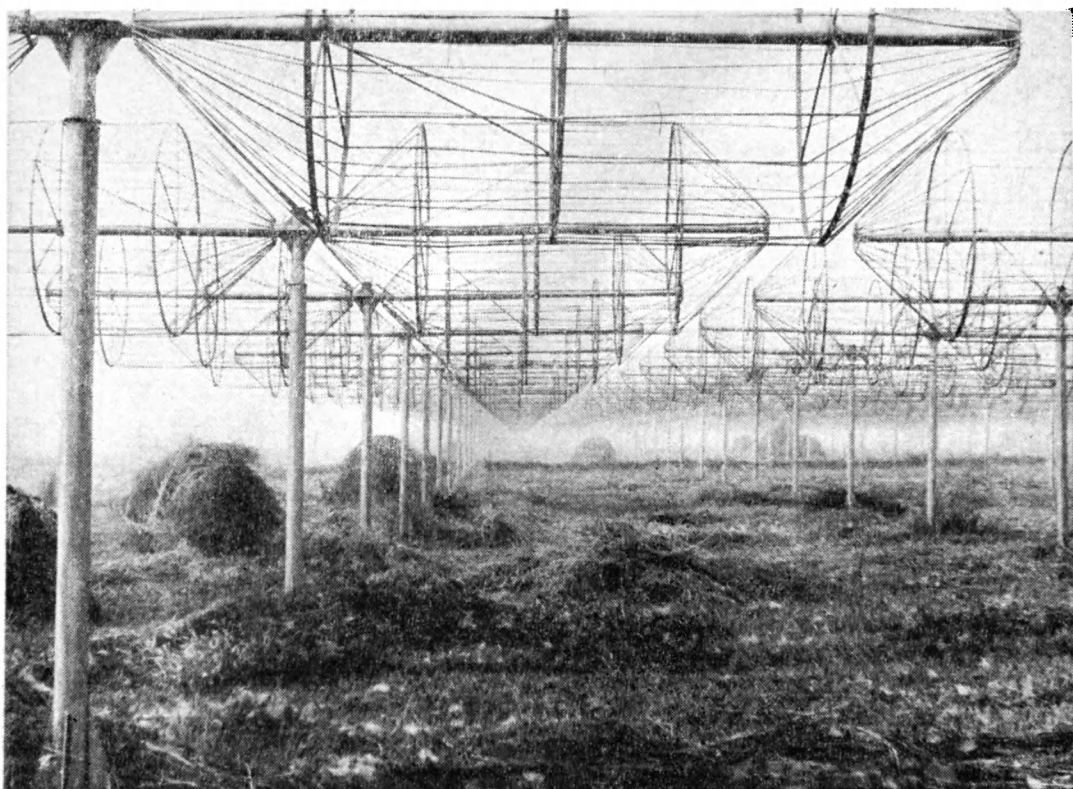
единственной) радиоастрономические исследования в декаметровом диапазоне очень затруднены. Тем не менее в Советском Союзе уже более 15 лет весьма эффективно действует крупнейший в мире декаметровый радиотелескоп Академии наук УССР — УТР-2, сооруженный вблизи Харькова (Земля и Вселенная, 1981, № 5, с. 24.— Ред.).

### КАК ВОЗНИКАЮТ РЕКОМБИНАЦИОННЫЕ РАДИОЛИНИИ

Многие физические процессы в космических объектах сопровождаются радиоизлучением, имеющим «гладкий» спектр: в широком интервале частот интенсивность меняется достаточно плавно. Но астрономия и радиоастрономия уже давно занимаются изучением спектральных линий, то есть сравнительно узкополосного излучения, возникающего при переходах атомов и молекул с одного квантового уровня на другой. Среди большого числа задач, решаемых астрорадиоспектроскопией, можно выделить три основных: исследования линий нейтрального водорода; молекулярных линий, включая лазерные; и, наконец, рекомбинационных радиолиний.

Согласно боровской теории строения атома, электроны «движутся» вблизи ядра по «орбитам», определяющим дискретные энергетические уровни атома. Состояние атома может меняться только скачком при переходе электрона с одного уровня на другой. Такой переход сопровождается излучением (или поглощением) электромагнитного кванта. Переход между энергетическими уровнями, имеющими разные главные квантовые числа  $n$ , и приводит к излучению рекомбинационных радиолиний. Называют их так потому, что излучению серии линий в радиодиапазоне (а это происходит на уровнях  $n \sim 100$ ) предшествует акт рекомбинации — захват свободного электрона ионом на один из вы-





Радиотелескоп АН УССР УТР-2

соких уровней. В космических объектах, содержащих ионизованный газ, наиболее распространена фоторекомбинация. Свободные электроны, обладающие определенной кинетической энергией, рекомбинируют с протонами либо ионами. Избыток энергии  $\Delta E$ , равный разности энергии электрона и энергии его связи в атоме, уносится с квантом  $h\nu = \Delta E$ . При последующих каскадных переходах вниз происходит излучение рекомбинационных радиолиний с частотами  $\nu_d \sim \Delta n/p^3$ . В определенных физических условиях у многоэлектронных атомов возможна диэлектронная рекомбинация, когда избыток энергии  $\Delta E$  не уносится с квантом, а идет на возбуждение других состояний иона. Например, в ионах углерода вероятно возбуждение подуровня тонкой структуры, обозначаемого  $^2P_{1/2}$ . Для этого требуется, чтобы кинетическая энергия рекомбинирующих электронов соответствовала температуре газа около 92 К. Дальней-

ший процесс формирования рекомбинационных линий такой же, как и при фоторекомбинации, однако населенности уровней (то есть число атомов, находящихся в том или ином возбужденном состоянии) могут сильно изменяться, что в значительной мере сказывается на интенсивности линий.

Обозначают рекомбинационные линии следующим образом: вначале указывается символ химического элемента, затем главное квантовое число нижнего уровня и в конце — греческой буквой — разность номеров уровней, между которыми происходит переход. Например,  $H109\alpha$  — это рекомбинационная линия водорода, переход со 110 уровня на соседний 109 ( $\Delta n=1$ ); или  $C166\beta$  — линия углерода, переход со 168 уровня на 166 ( $\Delta n=2$ ).

С помощью рекомбинационных линий водорода и других элементов получают важную информацию о различных галактических и внегалактических объектах — об эмиссионных и планетарных туманностях, ионизованном газе, областях звездообразования. По таким линиям удается определять электронные температуры

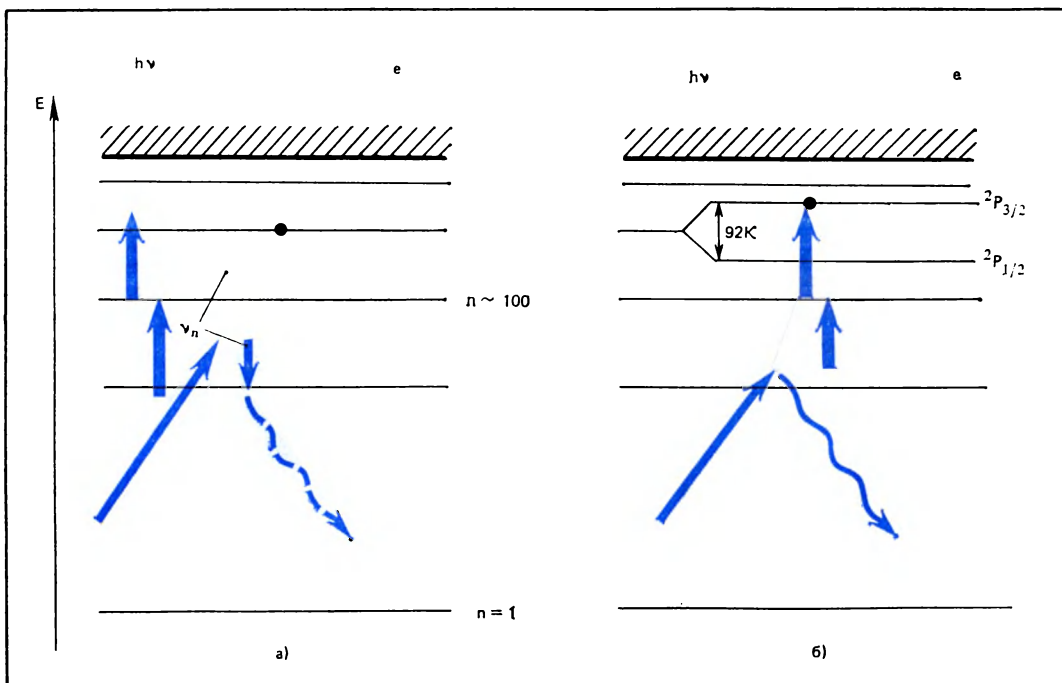


Схема формирования рекомбинационных радиолиний:  
 а) фоторекомбинация;  
 б) диэлектронная рекомбинация в ионах углерода

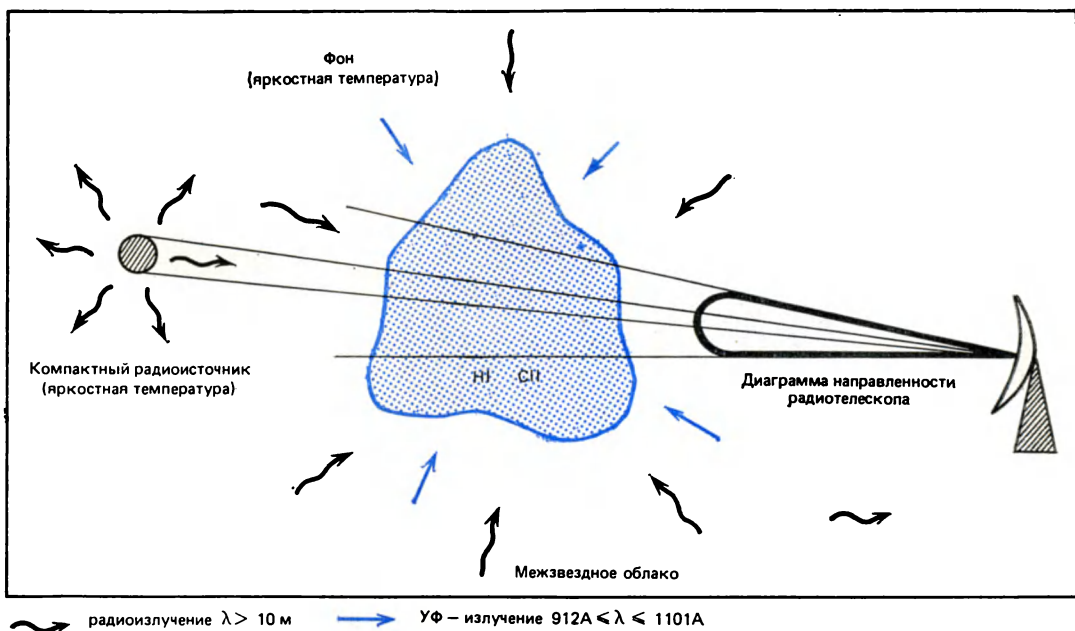
и плотности, меры эмиссии, скорости внутренних и систематических движений, относительное количество химических элементов. Все это свидетельствует о том, что изучение радиолиний возбужденных атомов — эффективнейший метод астрофизических исследований.

В нашей стране имеются богатые традиции в области исследований космических рекомбинационных радиолиний, и приоритет советской науки здесь бесспорен. Возможность наблюдения этих линий предсказал в 1959 году Н. С. Кардашев. Спустя 5 лет они были обнаружены Р. Л. Сороченко и Э. В. Бороздичем (ФИАН СССР) и З. В. Дравских и А. Ф. Дравских (ГАО АН СССР). В настоящее время наиболее успешные исследования рекомбинационных линий в миллиметровом диапазоне проводятся на радиоастрономической станции ФИАН в Пушчино.

## ОСОБЕННОСТИ РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ЛИНИЙ ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Радиоспектроскопические исследования рекомбинационных линий (как и линий других типов) всегда были привилегией высококачественной радиоастрономии — миллиметровой, сантиметровой, дециметровой. Все спектральные данные в радиоастрономии к настоящему времени получены именно на этих волнах. Что же касается более длинноволновых радиолиний, то еще недавно считалось: чем ниже частота наблюдений, тем менее пригодна она для радиоспектроскопии, а декаметровый диапазон вообще для этой цели бесперспективен. Такая убежденность вызвана тем обстоятельством, что, с одной стороны, формирование спектральных линий зависит от частоты (чем ниже частота, тем слабее спектральные линии), с другой стороны, трудности, с которыми сталкиваются ученые, работающие в низкочастотной, и особенно декаметровой, радиоастрономии, увеличиваются во много раз при спектральных измерениях.

Таким образом, еще каких-нибудь 10 лет назад шансы обнаружить и исследовать спек-



#### Образование рекомбинационных радиолиний в поглощении (схема эксперимента)

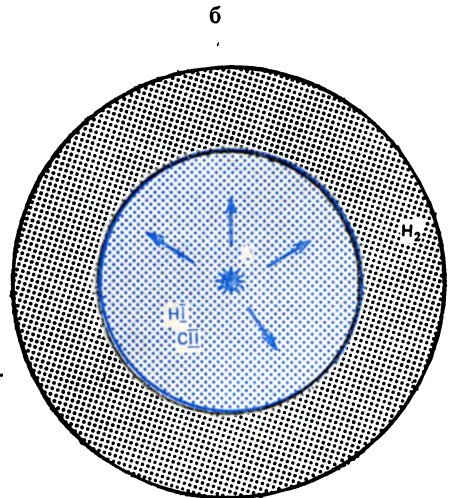
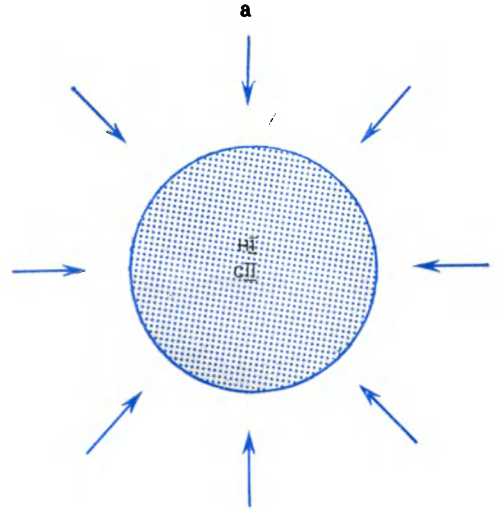
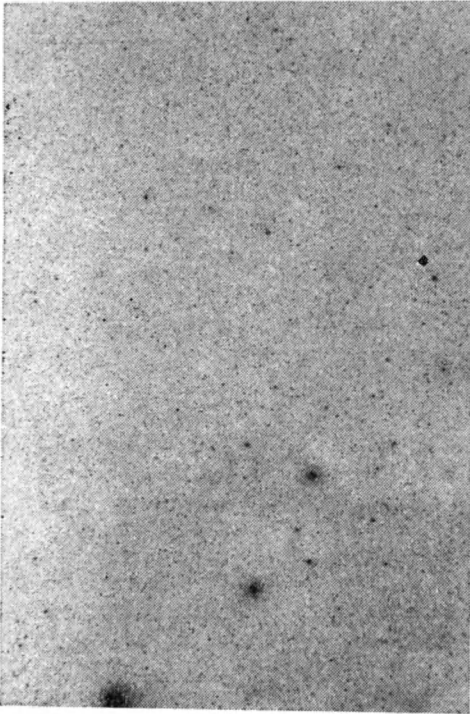
ральные линии на дециметровых волнах были ничтожными. Тем не менее по инициативе С. Я. Брауде в Отделении радиоастрономии ИРЭ АН УССР Л. Г. Содин и автор статьи в 1973 году развернули поисковую программу спектральных исследований на радиотелескопе УТР-2, и в 1978 году впервые спектральные линии на дециметровых волнах были обнаружены.

Эти линии — самые низкочастотные из всех известных. До сих пор радиолинии наблюдались лишь на частотах в десять (!) раз больших. Обнаруженные линии оказались рекомбинационными, причем принадлежащими не водороду, а на несколько порядков менее обильному в космосе **углероду!** Уровни возбуждения, с которыми связаны наблюдаемые линии, также поразительно высоки: удалось «увидеть» линии с  $n=603-732$ . Это почти в 2,5 раза превышает регистрируемые до недавних пор главные квантовые числа. С общезначимой точки зрения важно то, что атом как цельная система существует и при таких высоких уровнях возбуждения — практически у самой границы непрерывного атом-

ного спектра. «Диаметр» столь сильно возбужденных атомов огромен — он приближается к 0,1 мм (заметим, что диаметр «нормального» атома составляет  $10^{-7}$  мм). Причем такие атомы в Галактике не редкость, они могут присутствовать в самых разных объектах.

Интересно, что в последние годы и в США, и в СССР уделяется большое внимание лабораторным и теоретическим исследованиям сильно возбужденных (называемых еще «ридберговыми») атомов. Однако из-за ограниченных возможностей реализации на Земле определенных физических условий (в данном случае получения очень низкой плотности вещества) в лабораториях удается достигать уровней возбуждения лишь порядка десятков. «Возбудить» атомы на уровнях  $n \sim 1000$  и изучить эти атомы можно только в условиях «космической лаборатории».

Исследования дециметровых рекомбинационных линий углерода принесли множество сюрпризов. Впервые рекомбинационные линии наблюдались в поглощении, а не как обычно — в излучении. Это объясняется физическими условиями (прежде всего электронной температурой и электронной плотностью) в межзвездном облаке, где формируются дециметровые рекомбинационные линии, а также



Основные межзвездные образования, доступные исследованиям в низкочастотных рекомбинационных линиях углерода, и их упрощенные модели. Показаны места возникновения областей ионизованного углерода и источники ионизации. а) диффузные межзвездные облака HI (негатив); б) пылевые облака в Змееносце (негатив); в) область HII — туманность Ориона (негатив)

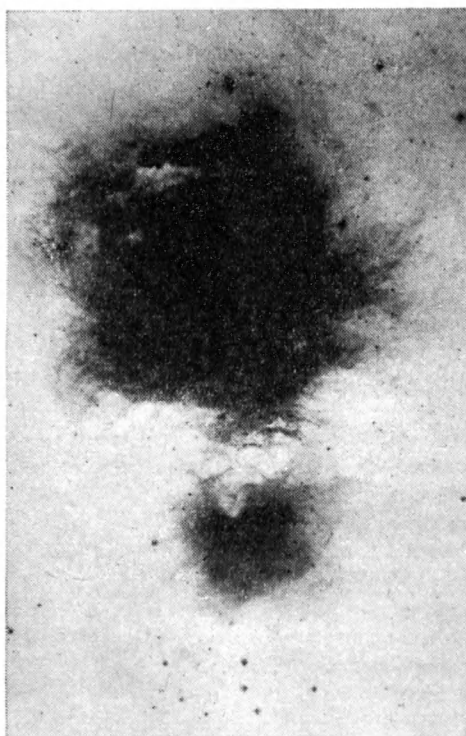


тем обстоятельством, что на низких частотах нетепловое излучение и дискретных источников, и Галактики в целом очень интенсивно: его яркостная температура существенно превышает электронную температуру исследуемого облака. В данном случае радиотелескоп «видит» только тот объем газа, который проецируется на компактный интенсивный радиоисточник с яркостной температурой  $T_{\text{ж}}$  (исследуемое облако находится на луче зрения к радиоисточнику). Если компактного источника нет, линии будут по-прежнему наблюдаться в поглощении, так как яркостная температура фона  $T_{\text{ф}}$  также достаточно высока, однако теперь эффект определяется всем объемом газа, попадающим в диаграмму направленности радиотелескопа. Наблюдения линий в поглощении дают ряд преимуществ в получении астрофизической информации. Например, можно проводить спектральные измерения с более высоким пространственным разрешением, определяемым угловым размером дискретного источника, а не диаграммой направленности радиотелескопа; оценивать взаи-

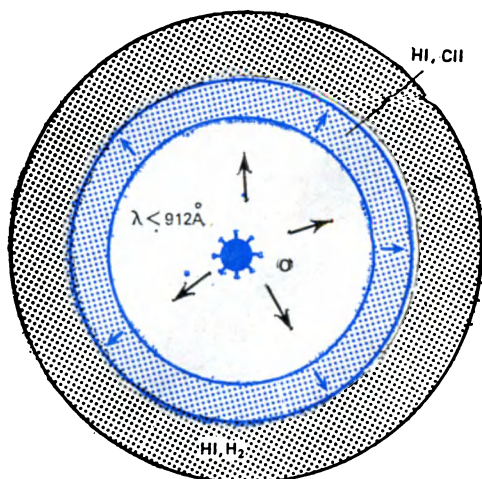
мное положение источников и межзвездных облаков и расстояния до них.

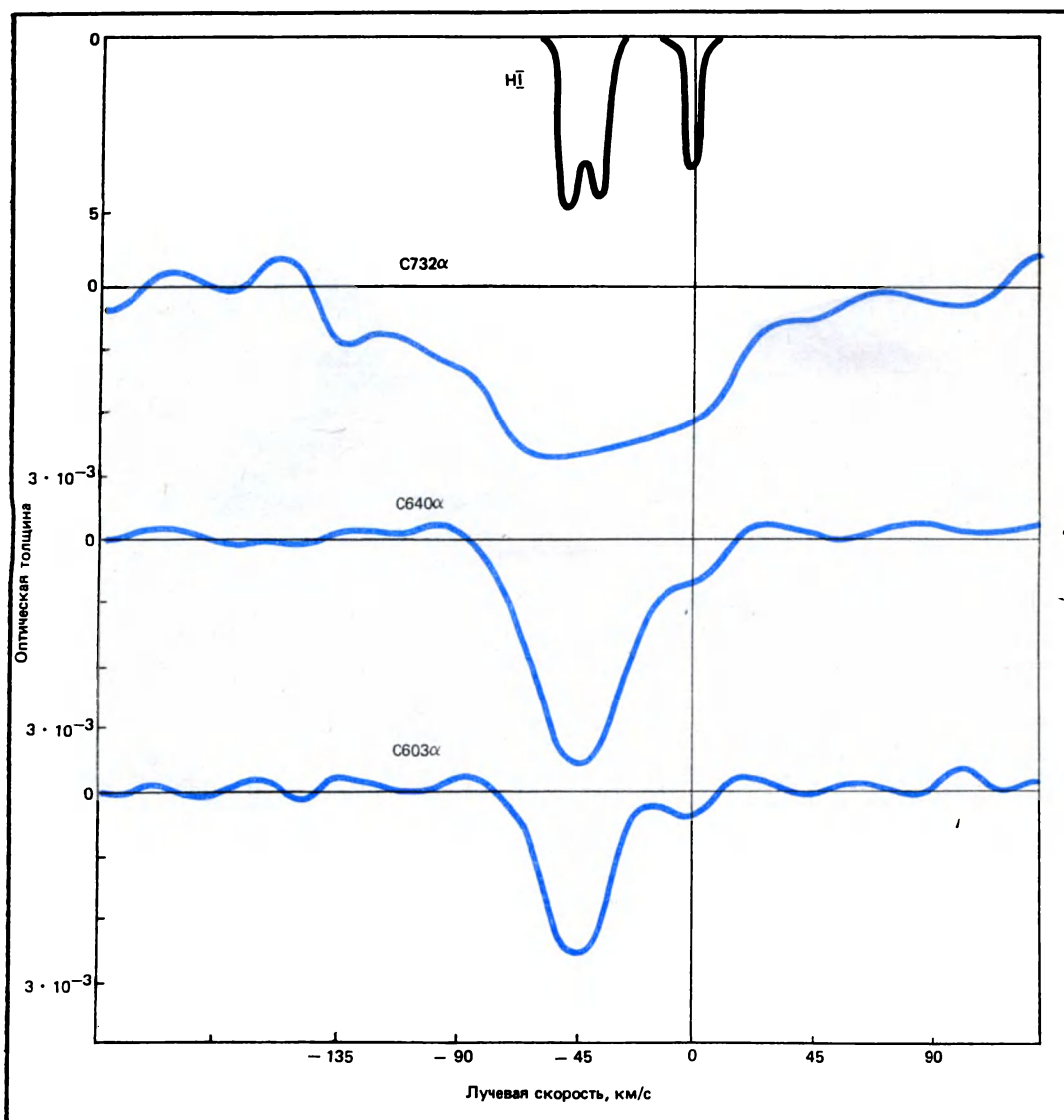
Параметры исследуемых линий (ширина, интенсивность) зависят от физических условий в облаке, населенности энергетических уровней, механизма рекомбинации, внешнего фонового излучения. У обнаруженных на дециметровых волнах рекомбинационных линий ярко проявляется эффект уширения, предсказанный теорией уже давно, но до последнего времени вызывающий пристальное внимание экспериментаторов. Величина уширения линий  $C603\alpha-C732\alpha$ , обусловленная неупругими столкновениями частиц, достигает 10 раз и позволяет определять плотность вещества. Столь сильно возбужденные атомы взаимодействуют и с нетепловым галактическим радиоизлучением, которое также приводит к изменению населенности уровней и уширению радиолиний.

Если пользоваться общепринятыми теоретическими и физическими моделями, необъяснимым оказывается отсутствие эмиссионных рекомбинационных линий углерода на частотах выше 100 МГц. Однако учет механизма диэлектронной рекомбинации с переходом  $^2P_{3/2}-^2P_{1/2}$  в ионах углерода, приводящего к резкому усилению линий поглощения, позволяет согласовать имеющиеся экспериментальные данные.



В





**Декаметровые рекомбинационные линии углерода, обнаруженные в направлении на источник Кассиопея А. Три линии из диапазона 16,7—30 МГц. Вверху — линия поглощения нейтрального водорода**

Результаты, о которых говорилось выше, получены в основном для межзвездных облаков, находящихся на луче зрения к радиоисточнику Кассиопея А. По декаметровым линиям определены основные физические пара-

метры этих облаков: электронная температура составляет 35—100 К, электронная плотность — 0,05—0,15 см<sup>-3</sup>, эффективный размер — 2—7 пк. В 1983 году на радиоастрономической станции ФИАН в том же объекте были обнаружены рекомбинационные линии C427 $\alpha$ —C538 $\alpha$  (это метровые волны). Столь значительное расширение диапазона наблюдений важно для уточнения параметров модели межзвездных облаков.

К настоящему времени с помощью радиотелескопа УТР-2 удалось наблюдать декамет-

ровые рекомбинационные линии углерода и в других галактических объектах. Эти линии поглощения зафиксированы на фоне распределенного радиоизлучения, что иллюстрирует доступность для декаметровой спектроскопии практически любой области Галактики.

Совсем недавно эксперименты по радиоспектроскопии межзвездной среды на декаметровых и метровых волнах, проведенные в СССР, повторены в Национальной радиоастрономической обсерватории США и в Индии.

## ПРОБЛЕМЫ ДЕКАМЕТРОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Прежде чем рассказать о том, какую астрофизическую информацию можно получить с помощью декаметровых рекомбинационных линий углерода, сделаем еще одно отступление и кратко напомним о важнейшей составляющей Галактики — межзвездной среде (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 7.—Ред.).

Согласно классическим представлениям, межзвездная среда разбивается на две основные фазы — холодные облака и горячую межоблачную среду. Излучение звезд, вспышки сверхновых, космические лучи, магнито-гидродинамические процессы приводят к существенному усложнению структуры межзвездной среды, в которой можно выделить до десятка фаз с достаточно устойчивыми физическими условиями. Но наиболее отчетливы две компоненты — горячая ( $T \sim 10\,000\text{ K}$ ) и холодная ( $T \sim 100\text{ K}$ ). В горячих областях ионизованного водорода — эмиссионных туманностях (зонах HII), активно исследуемых с помощью высокочастотных рекомбинационных линий, источник ионизации и нагрева — звезда или группа звезд ранних спектральных классов (как правило, класса O). Что же касается среды вне зон HII, то здесь ситуация оказывается существенно сложнее. Около 20 лет назад считалось, что основным источником электронов в холодных компонентах (зонах HI) служат элементы с потенциалом ионизации, меньшим водородного — прежде всего углерод. Однако обилия таких элементов недостаточно для объяснения при наблюдаемых температурах электронных плотностей облаков HI. Это заставило искать новые источники нагрева и ионизации, среди которых наиболее вероятные — космические лучи с энергиями 1—2 МэВ. Но и такой механизм

не все объясняет, и в ряде случаев возникает необходимость вспомнить о классическом поставщике электронов в холодную межзвездную среду — углероде.

Жесткое ультрафиолетовое излучение горячих звезд ( $\lambda < 912\text{ \AA}$ ) ионизует и нагревает газ в пределах зоны HII, а ультрафиолетовые кванты с длиной волны  $\lambda > 912\text{ \AA}$  свободно ее покидают. Так образуется суммарное диффузное излучение всех звезд, способное ионизовать практически весь углерод и ряд других элементов в любой области Галактики. Именно поэтому линии углерода, а не линии существенно более обильного водорода, были обнаружены на декаметровых волнах в холодном газе.

Ионы углерода являются основным термостатирующим элементом в областях нейтрального водорода. Кажется невероятным, но температура в облаках HI близка к 100 K именно благодаря наличию этих ионов, которых меньше, чем водорода, почти на 4 порядка! Если также учесть, что роль ионов углерода существенна в протекании газофазных химических реакций в межзвездной среде и образовании молекул, то ясно, сколь важны исследования ионизованного углерода любыми астрофизическими методами. Однако в широком диапазоне физических условий, характерных для холодных компонент межзвездной среды, наблюдения рекомбинационных линий углерода на декаметровых волнах более предпочтительны (линии оказываются интенсивнее), чем на высоких частотах.

Одна из основных структурных компонент межзвездной среды — диффузные облака HI. Плотность нейтральных частиц колеблется в них от 1 до  $100\text{ см}^{-3}$ , температура 50—100 K, «запыленность» — низка, а водород находится преимущественно в атомарной форме. Электронная концентрация, обусловленная полной ионизацией углерода, должна составлять  $0,001\text{—}0,1\text{ см}^{-3}$ , то есть очень низка и, казалось бы, недоступна для регистрации. Но если справедлив механизм низкотемпературной диффузионной рекомбинации, о котором говорилось выше, усиливающий декаметровые линии углерода, появляется возможность с их помощью «зондировать» и такие разреженные межзвездные облака. Вероятнее всего, именно в таких облаках возникают рекомбинационные линии, наблюдаемые в излучении Кассиопеи А.

В астрофизике уже давно сравнительно остро стоит проблема обнаружения молодых звезд класса В в темных пылевых облаках, где водород находится по большей части в форме молекул  $H_2$ . Эти звезды излучают мало жестких ультрафиолетовых квантов и потому не создают заметных зон HII, а из-за пыли их не видно в оптическом диапазоне. В ряде случаев хорошие перспективы исследований открывает инфракрасная астрономия. Кроме того, вблизи этих звезд должны возникать области ионизованного углерода (зоны CII) размером до нескольких парсек, с температурой до 10 K и электронной плотностью  $\sim 1 \text{ см}^{-3}$ , которые и можно зарегистрировать по соответствующим рекомбинационным линиям. Из большого числа исследованных на высоких частотах темных облаков зоны CII найдены лишь в нескольких. Однако вполне реально, что эти зоны можно обнаружить по декаметровым радиолиниям и таким образом получить полезную информацию для одной из центральных проблем астрофизики — проблемы звездообразования.

Известно, что переходный слой между областью HII и окружающим нейтральным газом сравнительно тонок. Этот слой, называемый «частично ионизованной средой», является объектом тщательных исследований, поскольку отражает взаимосвязь, энергетику и эволюцию комплекса область HII — молекулярное облако. На высоких частотах вблизи большого числа зон HII обнаружены рекомбинационные линии углерода и более тяжелых элементов. Сложная, неоднородная

структура этих областей делает их интересными и для декаметровых спектроскопических наблюдений.

В этой статье мы рассказали лишь об основных астрофизических объектах и процессах, которые исследуются с помощью рекомбинационных линий декаметрового диапазона волн. Ясно, что эти линии могут быть удобным и эффективным средством изучения межзвездной плазмы, имеющей малую плотность.

Несмотря на очевидную актуальность и важность стоящих задач, перед экспериментаторами всегда возникает вопрос: насколько оправданы усилия, необходимые для постановки и проведения того или иного эксперимента? Ведь получение одного спектра в единственной точке неба на декаметровых волнах требует многих дней, а то и недель наблюдений. Но еще в 1979 году И. С. Шкловский говорил, что в наблюдательной астрономии «сильные» эффекты уже закончились. Прогресс наблюдательной астрономии, без сомнения, будет связан прежде всего с изучением «слабых» эффектов.

Одним словом, наблюдения рекомбинационных линий в декаметровом диапазоне весьма обоснованы и целесообразны. Природа в данном случае оказалась «благоклонной» к исследователям, ведь в диапазоне 20—30 МГц находится около 100 рекомбинационных линий, и если научиться «видеть» их одновременно, объем получаемой информации чрезвычайно возрастет.

## Пылевая оболочка Веги

Наблюдения 68 звезд, проведенные с помощью инфракрасного спутника IRAS, позволили обнаружить у некоторых из них пылевые оболочки (Земля и Вселенная, 1984, № 3, с. 34.— *Ред.*). Наиболее подробные данные (в диапазоне длин волн 25—100 мкм) получены для Веги ( $\alpha$  Лиры). Околосветная оболочка Веги имеет радиус 80 а. е., температуру 85 K и состоит из сравнительно крупных пылинок с радиусами больше 1 мкм.



Пылинки меньших размеров под действием излучения, видимо, рассеялись.

Сотрудники Астрономического совета АН СССР А. Б. Менщиков, А. В. Тутуков и Б. М. Шустов рассчитали эволюционную модель пылевой оболочки вокруг Веги. Внача-

ле оболочка состояла из мелких, типичных для межзвездной среды пылинок, имеющих размеры порядка  $10^{-5}$  см. Затем слипание этих частичек друг с другом привело к сокращению их числа, а следовательно, к уменьшению оптической толщины оболочки. Предполагается, что у оболочки — сплюснутая форма, радиус оболочки — 100 а. е., масса ее оценивается в  $2 \cdot 10^{-4} M_{\odot}$ , а возраст —  $10^8$  лет.

Письма  
в «Астрономический журнал»,  
1985, 11, 867



## На орбите — станции «Салют-7» и «Мир»

20 июня на борту научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-15» — «Космос-1686» продолжалось выполнение очередных серий экспериментов по геофизике, велась контрольные медицинские обследования, технические эксперименты, профилактические работы с оборудованием станции. По программе биологических исследований завершились эксперименты на установках «Оазис», «Биограви-стат», «Светоблок». В этот же день космонавты проводили и астрофизические исследования, а также двухчасовые занятия физическими упражнениями на велоэргометре и бегущей дорожке. Кроме того, начались профилактические работы с системой терморегулирования станции. Космонавты заменили отдельные узлы, гарантийный срок которых истек, на новые.

В соответствии с программой полета орбитального комплекса «Мир» — «Прогресс-26» осуществлялась коррекция траектории его движения с использованием двигательной установки транспортного корабля. Накануне, 19 июня, была произведена дозаправка топливных баков станции горючим из емкостей корабля «Прогресс-26». 20 июня велась дозаправка вторым компонентом топлива — окислителем.

23 июня по командам из Центра управления автоматический транспортный корабль «Прогресс-26», выведенный на околоземную орбиту 23 апреля 1986 года, был ориентирован в пространстве, и в 22 ч 40 мин московского времени включилась его двигательная установка. В результате торможения «Прогресс-26» перешел на траекторию спуска, вошел в плотные слои атмосферы и прекратил существование.

Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев продолжили подготовку орбитального комплекса «Салют-7» — «Космос-1686» к полету в автоматическом режиме. 24 июня они проводили опера-

ции по консервации бортовых систем и аппаратуры станции — на корабль «Союз Т-15» были перенесены контейнеры с материалами выполненных исследований и экспериментов, а также часть научной аппаратуры, размещенной на станции, в том числе фотокамеры, спектрометры, медицинские приборы, различное оборудование.

25 июня в 18 ч 58 мин московского времени выполнено отделение корабля «Союз Т-15» от орбитального комплекса «Салют-7» — «Космос-1686». 26 июня 1986 года в 23 ч 46 мин московского времени космонавты Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев на корабле «Союз Т-15» завершили перелет со станции «Салют-7» на станцию «Мир». Сближение корабля «Союз Т-15» и станции «Мир», находившихся на разных орбитах, осуществлялось в несколько этапов. В ходе автономного полета корабля «Союз Т-15» проведены две коррекции траектории его движения, в результате чего корабль приблизился к станции «Мир». Дальнейший подход его

Л. Д. Кизим (справа)  
и В. А. Соловьев на пути  
из Арналына на космодром  
Байконур.

(Фотохроника ТАСС)

к станции до расстояния 50 м выполнялся с использованием бортовой автоматики. Затем космонавты с помощью ручного управления завершили процесс причаливания и осуществили стыковку корабля «Союз Т-15» со станцией «Мир». Сложенная работа специалистов Центра управления полетом, наземного командно-измерительного комплекса и экипажа обеспечили четкое выполнение всех операций по сближению, причаливанию и стыковке космических аппаратов. После проверки герметичности стыковочного узла Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев перешли в помещение станции, где им предстояло продолжить запланированные исследования.

31 июня, по программе технических экспериментов, космонавты изучали характеристики системы терморегулирования станции «Мир» в условиях максимальных тепловых нагрузок. В программу очередного дня работы экипажа комплекса «Мир» — «Союз Т-15» были включены биологические эксперименты на установке «Светоблок», двухчасовые занятия физическими упражнениями на велоэргометре и бегущей дорожке. По графику дооснащения станции космонавты провели монтаж дополнительных блоков в бортовой информа-



Продолжение. Начало см. на 2-й странице обложки.

ционной системе «Стрела» и начали установку научного оборудования, доставленного со станции «Салют-7».

В последующие дни Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев выполняли работы по дооснащению станции «Мир» новой аппаратурой и оборудованием, проводили испытания и настройку отдельных приборов и агрегатов. Были продолжены эксперименты по программе исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды. Экипаж осуществил съемку районов рудных месторождений в Приморье, геологических образований в окрестностях Душанбе, ледников Памира и Тянь-Шаня, пустынных пастбищ в Туркмении и Калмыцкой АССР, бассейнов Каспийского и Аральского морей. Кроме того, выполнялись профилактические мероприятия с отдельными агрегатами системы жизнеобеспечения, дальнейшая отладка и испытание бортовой аппаратуры. Результаты комплексного медицинского обследования показали, что у обоих космонавтов на протяжении длительного полета сохранялись высокая работоспособность и хорошее самочувствие.

8 июля большая часть рабочего времени экипажа пилотируемого комплекса «Мир» — «Союз Т-15» отводилась для геофизических экспериментов по программе исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды. Космонавты проводили съемку ледников Памира и Тянь-Шаня, сельскохозяйственных площадей Казахстана, геологических структур на юге Украины, земельных угодий в Астраханском заповеднике. В программу дня входили также технические эксперименты, работы по дооснащению станции дополнительным оборудованием, двухчасовые тренировки. В последующие дни геофизические эксперименты были продолжены.

С 8 по 14 июля Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев завершали исследования и эксперименты на борту орбитального комплекса «Мир» — «Союз Т-15» и готовили станцию к полету

в автоматическом режиме. 14 июля космонавты выполнили фотографирование отдельных районов территории Германской Демократической Республики — в рамках эксперимента «Геоэкс-86» по программе международного комплексного проекта «Изучение динамики геосистем дистанционными методами». Задачей этого совместного эксперимента, осуществляемого социалистическими странами, являлась отработка методов исследования состояния различных экологических систем с помощью аэрокосмических средств дистанционного зондирования Земли. Фотографирование земной поверхности со станции «Мир» сопровождалось одновременной съемкой с искусственного спутника Земли «Космос-1602», а также с самолетов-лабораторий. Результаты этой работы будут использованы для контроля за состоянием лесных массивов и сельскохозяйственных угодий, при планировании мероприятий по охране окружающей среды в странах — членах СЭВ.

15 июля экипаж пилотируемого комплекса «Мир» — «Союз Т-15» проводил операции по консервации аппаратуры и бортовых систем станции. В спускаемый аппарат корабля «Союз Т-15» космонавты перенесли документацию, кассеты с отснятой фотопленкой и спектрограммами, магнитные ленты, вкладыши с биологическими объектами и другие материалы с результатами проведенных экспериментов.

16 июля 1986 года в 16 ч 34 мин московского времени Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев на корабле «Союз Т-15» возвратились на Землю, успешно завершив программу 125-суточного орбитального полета. Спускаемый аппарат корабля «Союз Т-15» совершил посадку в 55 километрах северо-восточнее города Аркалыка. Впервые в истории космонавтики одним экипажем совершены межорбитальные перелеты и выполнены работы на двух пилотируемых орбитальных комплексах.

В ходе полета были проведены всесторонние испытания

элементов конструкции и бортовых систем новой станции «Мир», отладка и настройка ее аппаратуры, дооснащение станции приборами и оборудованием, доставленными на орбиту двумя автоматическими грузовыми кораблями «Прогресс», а также кораблем «Союз Т-15» с орбитального комплекса «Салют-7» — «Космос-1686». Первый этап работ на станции «Мир» выполнен полностью.

На станции «Салют-7» экипажем осуществлены многоплановые работы в открытом космосе по отработке технологических операций с целью их практического использования при создании в будущем сложных крупногабаритных конструкций на околоземной орбите. Космонавты завершили научно-технические исследования, предусмотренные программой эксплуатации этой станции.

Станция «Мир» и орбитальный комплекс «Салют-7» — «Космос-1686» продолжают полет в автоматическом режиме. Результаты исследований и экспериментов, выполненных в ходе полета Л. Д. Кизима и В. А. Соловьева, найдут широкое применение в различных отраслях науки и народного хозяйства. Опыт организации работы экипажа на двух орбитальных станциях в течение одного полета будет использован при эксплуатации многоцелевых постоянно действующих пилотируемых комплексов со специализированными орбитальными модулями.

Указами Президиума Верховного Совета СССР за успешное осуществление космического полета на станции «Мир» и орбитальном комплексе «Салют-7» — «Космос-1686» и проявленные при этом мужество и героизм дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР Л. Д. Кизим награжден орденом Ленина; Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР В. А. Соловьев награжден орденом Ленина и второй медалью «Золотая Звезда» — в ознаменование подвига В. А. Соловьева на родине Героя будет сооружен бронзовый бюст.

(По материалам ТАСС)



# Модели природных процессов в гляциологии

**Теперь, когда деятельность человека становится поистине планетарной, особое значение приобретает прогнозирование последствий такой деятельности, предсказание воздействия ее на окружающую среду, проблема использования природных явлений в интересах народного хозяйства. Решать эти задачи помогает моделирование природных процессов, которое становится существенным фактором ускорения научно-технического прогресса.**

## МОДЕЛИ: ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ, ТРУДНОСТИ

Выбор аппарата теоретических исследований природных процессов во многом предопределен развитием вычислительной техники. Таким аппаратом стало математическое моделирование. Термин «модель» происходит от латинского слова «modulus» — мера, образец. Однако с развитием типов моделей как вспомогательных средств научного анализа понятие это видоизменилось. Сейчас вполне допустимо следующее определение: модель представляет собой объект конечной сложности, предназначенный для воспроизведения определенных качеств исследуемого явления или процесса.

Каковы же особенности моделирования природных процессов? Ведь зачастую такие процессы имеют глобальный масштаб. Их характерные времена составляют сотни и тысячи лет, а пространственные масштабы — сотни и тысячи километров. К сожалению, далеко не всегда удается подобрать физическую аналогию для подобных процессов и создать их физические модели, которые обычно воспроизводятся в лабораторных условиях. И тогда единственным средством изучения

этих процессов остается их математическая модель.

Такая внутренне непротиворечивая замкнутая система математических соотношений (так определяется модель на языке математических терминов), вообще говоря, описывает реальное явление приближенно. Основное ее назначение — исследовать лишь определяющие характеристики и свойства изучаемого процесса. Но насколько все-таки модель соответствует реальному процессу и конкретным ситуациям? Ведь она предназначена не только для их описания, но и в качестве надежного аппарата прогноза. А отсюда следует, что к математическим моделям предъявляются определенные требования: они должны быть адекватными, то есть должны соответствовать моделируемым процессам; достаточно достоверно воспроизводить основные признаки процессов; учитывать их важнейшие факторы. Входными параметрами модели (исходной информацией) служат данные натурных наблюдений и экспериментальных исследований.

Когда создается математическая модель того или иного природного процесса, неизбежно встает вопрос о степени ее достоверности, величине погрешности или ошибке прогноза. Погрешность эта складывается из трех слагаемых: погрешности модели, погрешности вычислений и погрешности исходных данных.

Погрешность самой модели обусловлена тем, что приходится переходить от природного объекта бесконечной сложности к объекту конечной сложности, упрощать физическую картину. Ошибки вычислений связаны с переходом от математической модели к вычислительной: создается определенная схема численной реализации с дальнейшей разработкой компьютерной программы. Погрешность задаваемых исходных данных возникает

в первую очередь из-за того, что не так просто получить качественные данные натуральных наблюдений, притом получить их в нужном объеме. И дело тут не только в технических трудностях измерения тех или иных характеристик, но подчас и в трудной доступности или большой протяженности объектов (например, ледниковых систем), суровых климатических условиях, дороговизне полевых работ.

Поэтому при использовании математического моделирования мы сталкиваемся с некорректностью в формулировке математической задачи: некоторые входящие в нее параметры, как функции пространственных координат и времени, оказываются порой почти неизвестными, исходная информация — «дырявой». Например, в формулировку математической модели механики ледников входят функции, описывающие геометрию подледного рельефа горных пород и тепловой режим льда на ложе ледника. Однако именно эти характеристики зачастую неопределенны. Из-за

больших размеров оледенений обычно плохо известны и такие исходные данные, как баланс массы вещества на поверхности и температура льда на глубине деятельного слоя (там, где затухают годовые колебания температуры).

Как же выйти из трудного положения? На помощь приходит численное моделирование. Конечно, решать задачу, имея «дырявую» исходную информацию, по всем математическим канонам нельзя. Приходится заполнять «дыры», прибегая к косвенным соображениям и аналогиям. Рассчитав разные варианты такого заполнения, мы можем сверить расчетные результаты с имеющимися немногочисленными данными натуральных исследований, то есть так «подогнать» нашу модель, чтобы в некоторых точках расхождение между расчетными и наблюдаемыми величинами было незначительным.

Обратимся к конкретным примерам из области гляциологии и геокриологии (науки, изучающей мерзлые толщи земной коры).





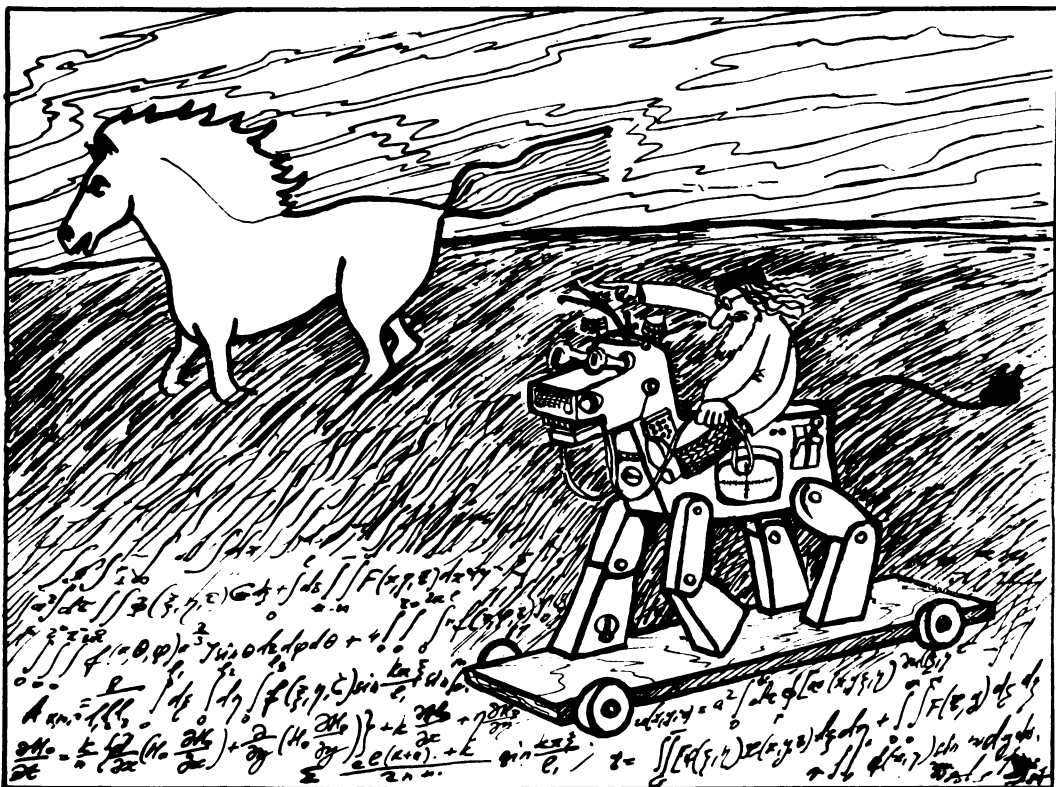
## МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГЛЯЦИОЛОГИИ

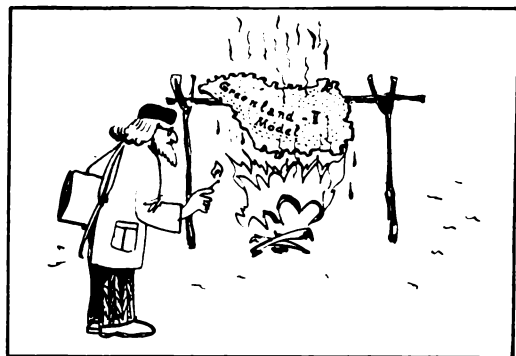
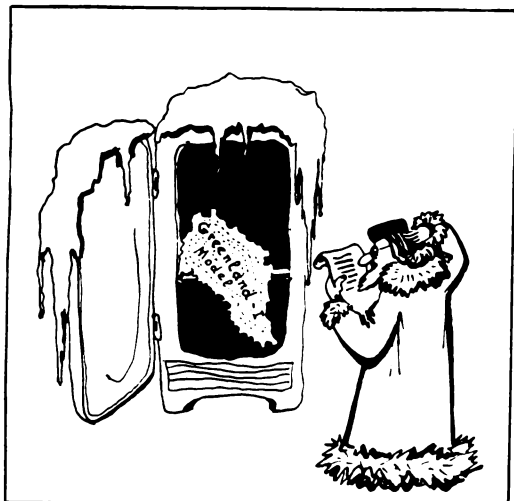
Внимание ученых издавна привлекают «зимы» далекого прошлого — десятки и сотни тысяч лет назад ледовые щиты покрывали огромные пространства суши. Ныне от них остались лишь два больших ледовых покрова — Антарктический и Гренландский. В последнее время здесь практически непрерывно проводятся гляциологические и геофизические исследования. Однако информации получено все же пока очень мало, явно недостаточно для прогнозных расчетов (с помощью модели) поведения современных оледенений в ближайшем и отдаленном будущем.

Что же собой представляет математическая модель оледенения? Такая модель создана в отделе механики природных процессов Института механики МГУ на основе общей математической теории ледников. Цель — провести численное моделирование «поведения» ледниковых покровов — своего рода «проигрывание» на компьютере различных ситуаций, каждая из них отражает влияние определенных

вариантов внешних условий на реакцию огромных масс льда. Цель определила и структуру модели: во-первых, лед считается средой, вязкость (текучесть) которой зависит от температуры: во-вторых, в качестве внешних условий, воздействующих на оледенение, рассматривается тепловой поток из недр Земли и климат (он определяется функциями баланса массы на поверхности льда и температуры льда на глубине, где затухают температурные годовые колебания). Конечно, следует еще знать и каков подледный рельеф горных пород.

Тестовые расчеты, проведенные по этой модели, позволили выявить некоторые интересные закономерности в динамике оледенений. Например, оказалось, что лед быстрее течет вдоль тех долин, которые подогреваются снизу исходящим из недр потоком тепла. Вот почему все выводные ледники Антарктиды и Гренландии приурочены к тектоническим разломам в земной коре: ведь именно вдоль зон таких нарушений, как правило, фиксируется повышенный тепловой поток. Решив ряд





задач, ученые поняли, что в этом случае движение льда убыстряется, во-первых, потому что уменьшается его вязкость и повышается текучесть, а во-вторых, возникает механическая неустойчивость. Дело в том, что на ложе ледников образуется придонный слой льда, где температура достигает точки плавления и лед начинает таять. В результате система становится менее прочной и предрасположенной к разрушению. И действительно, выводные ледники, представляющие собой гигантские — длиной во многие сотни километров — ледяные потоки (ширина их может достигать десятков километров), как бы «врезаны» в ледниковые покровы Антарктиды и Гренландии. Лед перемещается в них иногда в сотни раз быстрее, чем в соседних областях оледенения, — порой на несколько метров в сутки. Эти четко выраженные «реки» хорошо видны со спутников и самолетов, их обнаруживают по характерной изломанной поверхности. Например, в Антарктиде перемещение льда из

центральных областей к периферии ледового покрова примерно на 80% осуществляется именно выводными ледниками.

С помощью моделей была предсказана возможность существования механически неустойчивых «двухслойных» ледников: верхний слой льда с отрицательной температурой находится на «смазке» из придонного слоя льда с температурой около точки таяния. Этот теоретический результат удалось подтвердить полевыми исследованиями, их провела гляциологическая экспедиция Института географии АН СССР на оледенении Шпицбергена. Согласно данным радиолокационного зондирования с вертолетов, здесь существуют ледники, внутри которых есть особая граница, от нее отражаются радиоволны. Пробурив лед на одном из таких ледников и измерив температуру его в скважинах, специалисты убедились, что граница отражения радиоволн внутри ледника практически совпадает с положением изотермы плавления льда. Ниже лед буквально источен микроканалами, по которым течет вода.

Последующие модельные расчеты, сделанные для 32 ледников Шпицбергена, количественно подтвердили определения толщины придонного слоя льда на точке таяния, полученные по данным радиолокационного зондирования. Позднее выяснилось, что почти все «двухслойные» ледники относятся к классу пульсирующих, они склонны к катастрофическим подвижкам, к быстрому и внезапному разрушению.

#### КАКОВА СУДЬБА ГРЕНЛАНДИИ?

Разработанную в Институте механики МГУ математическую модель оледенения мы использовали для прогнозных расчетов эволюции ледникового покрова Гренландии. И сразу столкнулись с трудностями — немедленно сказалась нехватка исходной информации. Для этой территории плохо известно распределение теплового потока под площадью, занятой ледником. А главное — функции, характеризующие климат (распределение баланса массы на поверхности льда и температуры поверхности), мы знаем только за короткий интервал времени, буквально на сегодняшний день. И еще одна трудность: у разных авторов цифры одних и тех же групп данных расхо-

дятся порой в несколько раз (иногда характеристики имеют даже разные знаки) и сильно зависят от способа обработки первичной информации. Что же касается направленности изменений климата в этой области, то пришлось только делать те или иные предположения. За основу мы взяли книгу известного американского гляциолога Г. Бадера, содержащую самую полную сводку данных о ледниковом покрове Гренландии.

Расчеты современного состояния ледового щита показали, что лед приморожен к ложу примерно на 70% площади оледенения. Под мощной центральной частью в придонном слое лед тает, причем зона таяния вытянута с севера на юг и смещена к восточной части острова. Талая вода собирается в углублениях подледного рельефа. (Данные радиолокационного зондирования с самолета, выполненного американским гляциологом Р. Робинном, говорят о том, что под ледовым панцирем Восточной Антарктиды существуют озера до 15 км в поперечнике, которые образовались при донном таянии льда). Надежность математической модели для Гренландии подтвердилась хорошим совпадением расчетной температуры льда на ложе с измеренной в скважине в районе Камп-Сенчери.

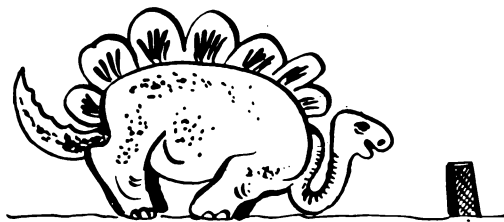
Но как быть с прогнозом эволюции оледенения на самом большом острове мира? Ведь для этого нужно знать, как изменится климат в будущем и учесть эти изменения в соответствующих функциях граничных условий модели. К сожалению, здесь ученые опираются пока только на догадки и предположения.

Чтобы создать модель оледенения Гренландии, пришлось идти по пути численного моделирования — как многовариантного расчета (проигрывания) последствий различных климатических ситуаций на компьютере. Были выбраны семь вариантов задания климатических условий, охватывающих практически все мыслимые изменения климата. Перечислим их:

1. Сохранение современных климатических условий.

2. Потепление с увеличением скорости баланса твердой массы на поверхности на 30% от наблюдаемых значений, причем на севере острова температура поверхности увеличивается на 5° С, на юге — на 10° С.

3. Потепление, как и в предыдущем варианте, но с уменьшением скорости баланса массы на 30%.



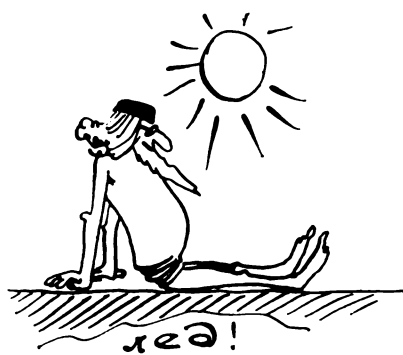
4. Общее похолодание: на севере острова температура поверхности льда уменьшится на 5° С, на юге — на 10° С; при этом скорость баланса массы уменьшится на 30%.

5. Изменение климата сказывается только в поступлении твердой массы на поверхность льда: на севере острова аккумуляция увеличивается на 30%, на юге — уменьшается на 30%.

6. При сохраняющемся распределении баланса массы на поверхности температура поверхности льда увеличена в северной части острова на 10° С, в южной — уменьшена на 10° С.

7. Противоположное изменение температурных условий: увеличение температуры на 10° С в южной половине острова и уменьшение ее на 10° С в северной половине.

По всем перечисленным гипотетическим вариантам климатических условий расчет эволюции гренландского ледникового покрова был проведен на 13 тыс. лет вперед. Каковы же итоги? Во-первых, почти при всех принятых вариантах изменения климата в ближайшем тысячелетии площадь ледникового покрова Гренландии будет уменьшаться. Она сократится на 8—12% при общем увеличении объема льда (в настоящее время эти выводы подтверждаются непосредственными наблюдениями). Иными словами, оледенение как бы «поджимается» и одновременно «набухает». Однако накопленные массы льда, особенно в центральной части острова, в будущем начнут возвращаться на освободившиеся площади, лед будет «растекаться». Эти результаты моделирования позволяют сделать принципиально новые выводы. Оказывается, в настоящее время Гренландский ледниковый покров на-



ходится далеко не в стационарном или устойчивом состоянии. И пока только предположительно можно указать причину такого состояния. Видимо, в прошлом резко изменились внешние условия, и до сих пор идет процесс перестройки оледенения, проявляется его реакция на это изменение. Вообще реакция на внешние условия в количественном отношении зависит от конкретной температуры на поверхности ледника. Температура увеличивается, а значит, возрастает текучесть льда, усиливается его отток из центральных областей оледенения к периферии, «выглаживается» про-

филь поверхности. Купол оледенения заметно смещается в холодную зону и «мигрирует» вслед за ней.

Возникает вопрос: каковы перспективы дальнейшего использования математических моделей и компьютерного моделирования? Впереди — исследование Шпицбергена и Антарктиды. Но это будет нелегкая работа. Ведь мы располагаем еще меньшим объемом данных, составляющих исходную информацию для этих двух оледенений, а характер их структуры и эволюции намного сложнее гренландского...



## МОДЕЛИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Проблемы науки геокриологии, также имеющей дело со льдом, но не поверхностным, а подземным, сейчас весьма актуальны, особенно в связи с активным освоением северных районов. Почти половину территории нашей страны занимают многолетнемерзлые породы, или вечная мерзлота. В верхних горизонтах этих территорий толщиной в десятки и сотни метров содержатся линзы и целые слои льда. Строительство на таких грунтах требует особого подхода, здесь необходим предварительный научно обоснованный прогноз, чтобы правильно выбрать метод и сроки возведения сооружений, а также предсказать их влияние в будущем на мерзлые грунты. Ведь при оттаивании грунты, содержащие лед, сильно деформируются под нагрузкой (теряют несущую способность), что часто приводит к катастрофическим последствиям. И это только одна из многих проблем освоения Севера. Устойчивости сооружений здесь также мешают термокарстовые явления, «морозобойное» разрушение грунтов и многое другое. Разработка математических моделей таких процессов имеет целью создать аппарат количественного прогноза для конкретных случаев и ситуаций: на ЭВМ можно «проигрывать» различные варианты функционирования сооружений промышленной и гражданской застройки и «реакции» на них подземной мерзлоты.

В Институте механики МГУ созданы оригинальные модели некоторых геокриологических процессов.

Уже несколько лет с успехом используется методика компьютерного расчета теплового режима грунтов (при отепляющем воздействии сооружений) для сложной геокриологической обстановки. Она применяется в ряде организаций, проводящих изыскания в районах вечной мерзлоты. На основе этой методики можно разрабатывать предварительные меры по инженерной подготовке грунтов — например, их охлаждение и замораживание в зимнее время.

Впервые создана принципиально новая модель одного из самых распространенных и быстро развивающихся в тундре процессов термокарста. Дело в том, что при скоплении воды в западинах, а часто при техногенном нарушении растительного покрова тундры, на сильно льдистых грунтах начинается прогрес-

сирующее протаивание. Грунт консолидируется, вода отжимается наверх и в результате зарождается термокарстовое озеро. Процесс этот особенно активен на первых стадиях, а всего их четыре: зарождение, прогрессирующее формирование озерной котловины, стабилизация и деградация. Последние связаны с обмелением озера, а затем с его промерзанием и полным исчезновением. Общая длительность термокарстового процесса — сотни и тысячи лет. Из модели закономерно следуют все наблюдаемые стадии эволюции термокарста. Численное моделирование дало определенные результаты, имеющие научное значение. Выяснилось влияние климатических изменений на эволюцию термокарста (в частности, похолодание климата существенно замедляет вторую стадию, а потепление — наоборот, ускоряет), обнаружилось, что темпы развития процесса зависят от размеров повреждения растительного покрова. Удалось также объяснить происхождение некоторых типов подземных залежей чистого льда: оказывается, это замерзшие «остатки» термокарстовых озер, погребенные и законсервированные под слоем грунта. А главное — из данной общей модели были получены простые формулы оперативной инженерной оценки, которые просто необходимы в практической деятельности.

Математическое моделирование природных процессов становится сейчас одним из существенных факторов ускорения научно-технического прогресса. И благодаря этому фактору не только убыстряется доведение научных выводов и методов расчета до практического использования. Математическое моделирование помогает оперативнее выявить и осознать, чего же не хватает в самом аппарате моделирования, в каком дополнении и совершенствовании он нуждается. А также указывает на проблемы в научных представлениях, изъяны теоретических предпосылок. Последнее особенно важно для сближения науки с практикой и, конечно, для успешного развития фундаментальных научных исследований.

Рисунки В. В. Ловчука



## «Вояджер-2» исследует Уран

**Важным событием в исследовании планет Солнечной системы стал пролет американской автоматической межпланетной станции (АМС) «Вояджер-2» около Урана. Это произошло 24 января 1986 года, через восемь с половиной лет после старта АМС с Земли.**

Уран — уже третья планета-гигант, которую исследует «Вояджер-2». 9 июля 1979 года станция прошла около Юпитера на расстоянии примерно 700 000 км, а 25 августа 1981 года — около Сатурна на расстоянии 101 000 км<sup>1</sup>. Наибольшее сближение с Ураном при пролете составило 81 200 км, считая, как и для других двух планет, от вершины облаков.

Траектория «Вояджера-2» спланирована так, чтобы в результате «пертурбационного» маневра в поле тяготения одной планеты АМС переходила на траекторию, обеспечивающую пролет около следующей планеты. Теперь на очереди Нептун. «Вояджер-2» должен пролететь около него 24 августа 1989 года. В дальнейшем АМС выйдет из пределов Солнечной системы.

Спутники планет представляют для науки не меньший интерес, чем сами планеты. Если, проходя около Юпитера и Сатурна, «Вояджер-2» мог исследовать со сравнительно близкого расстояния сразу несколько спутников, то при пролете около Урана ситуация складывалась по-иному. Траектория АМС располагается в плоскости эклиптики, поэтому она была почти перпендикулярна плоскости, в которой находятся орбиты спутников Урана, так что «Вояджер-2» мог пройти неподалеку от одного из спутников. Выбор пал на Миранду.

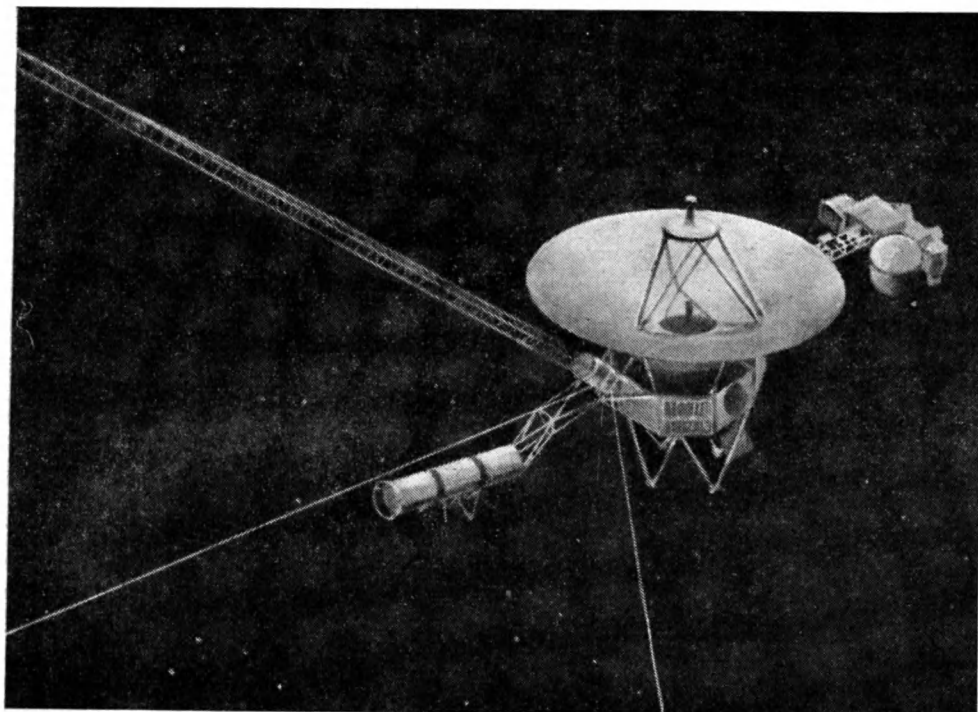
Из наблюдаемых с Земли, этот спутник — ближайший к Урану. Выбор оказался очень удачным. Фантастический вид поверхности Миранды ошеломил ученых.

### МАГНИТОСФЕРА

Радиоизлучение Урана было впервые зарегистрировано приборами АМС за пять суток до прохода на минимальном расстоянии от планеты, ударная волна — за трое суток на расстоянии 23-х радиусов Урана, магнитопауза — на расстоянии 18-ти радиусов. Напряженность магнитного поля планеты на ее экваторе — 0,25 Гс: больше, чем у Сатурна (0,21 Гс), но меньше, чем у Земли (0,31 Гс). Полярность магнитного поля Урана такая же, как у Сатурна, но противоположная полярности магнитного поля Земли. В пределах магнитосферы располагаются орбиты трех спутников Урана — Миранды, Ариэля и Умбриэля. Зарегистрированы возмущения магнитного поля планеты этими тремя спутниками, а также взаимодействие межпланетного и межзвездного магнитных полей вблизи Урана. Шлейф магнитосферы планеты простирается на большое расстояние. Когда «Вояджер-2» проходил через шлейф, было зафиксировано изменение направления поля на обратное, что обусловлено наклоном магнитной оси Урана к оси вращения (порядка 60°).

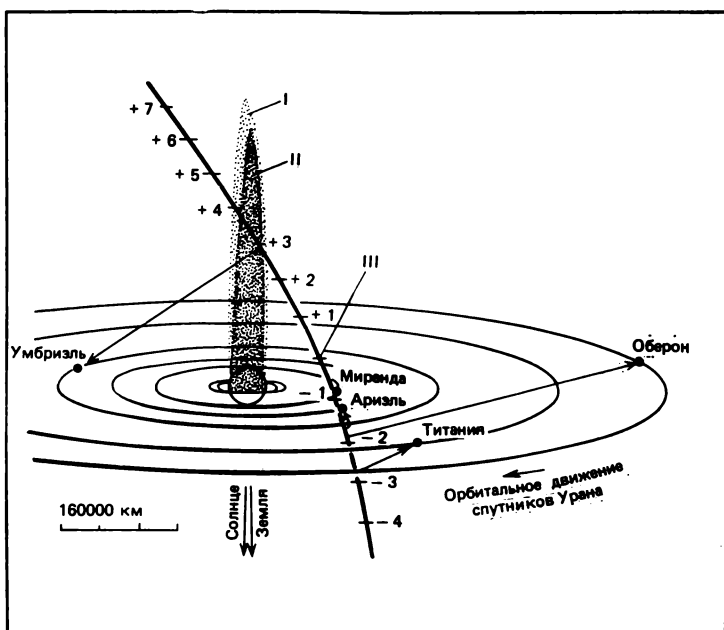
По обе стороны орбиты Миранды обнаружены ионы с температурой 10<sup>7</sup> К. Полагают, их источник — не солнечный ветер, а более удаленные от планеты спутники. Внутри орбиты Миранды обнаружено повышение напряженности магнитного поля Урана. Интенсивность поясов радиации планеты такая же, как поясов Земли. Зарегистрировано свечение атмосферы в ультрафиолетовой области спектра, простирающееся примерно на

<sup>1</sup> Об исследованиях этих планет АМС «Вояджер-2»: Земля и Вселенная, 1981, № 6, 3-я с. обложки; 1985, № 5, с. 112.



**Автоматическая межпланетная станция  
«Вояджер-2»**

**Схема пролета АМС «Вояджер-2»  
около Урана. I — зона,  
не видимая с Земли;  
II — теневая зона;  
III — пролет АМС  
на минимальном расстоянии  
от планеты (арабские цифры  
указывают время в часах до  
и после максимального  
сближения станции  
с Ураном)**



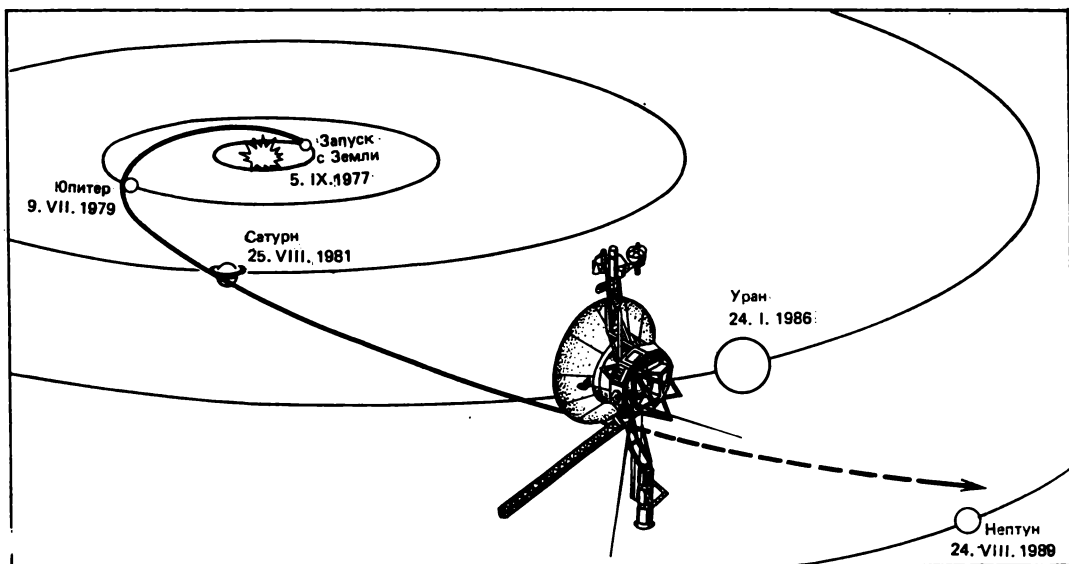


Схема пролета АМС «Вояджер-2» через Солнечную систему

50 000 км от планеты. Скорее всего это не полярные сияния.

Определение характеристик магнитного поля Урана позволило установить период вращения планеты вокруг оси. Получена такая величина: 16 ч 48 мин ± 18 мин. Разброс в 18 мин по мере дальнейшей обработки информации предполагают уменьшить на порядок.

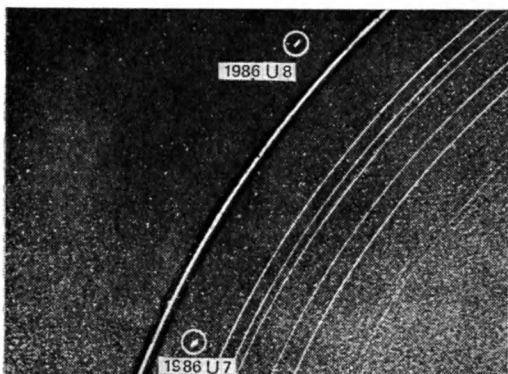
#### АТМОСФЕРА

Здесь обнаружены ветры, вихри, струйные течения, пятна, кольцевые образования — как в атмосферах Юпитера и Сатурна. Однако в целом деталей наблюдается меньше, нежели у этих планет-гигантов. Над южной полярной областью, освещенной Солнцем, видна коричневая дымка. Высотная дымка заметна и на снимке Урана в серповидной фазе. Снимок этот «Вояджер-2» сделал через сутки после пролета на минимальном расстоянии от планеты, находясь над ее ночной стороной. Облачные образования движутся с неодинаковой скоростью. Зафиксированы ветры, направление которых совпадает с направлением вращения планеты, причем в высоких широтах циркуляция атмосферы происходит с большей скоростью, чем у экватора. Полагают, эти парадоксальные явления, а также тот факт, что температуры в стратосфере над полюсом,

освещенным Солнцем, ниже, чем над полюсом, находящимся в тени, объясняются не атмосферными явлениями, а «внутренней динамикой» планеты. Зарегистрирован своеобразный «холодный пояс» на широте 30—40°. Обнаружена корона атомарного водорода над слоем молекулярного водорода. Температура этой короны на дневной стороне — 750 К, на ночной — 1000 К. Содержание гелия в атмосфере Урана — всего 15%, а не 40%, как ожидали по данным наземных наблюдений. В глубине атмосферы обнаружены метановые облака.

#### КОЛЬЦА

До пролета «Вояджера-2» около Урана по наблюдавшимся с Земли покрытиям звезд были выявлены девять колец Урана. В направлении к планете они обозначались так: ε (Эпсилон), δ (Дельта), γ (Гамма), η (Эта), β (Бета), α (Альфа), 4, 5 и 6. Исследования с помощью АМС подтвердили данные наземных наблюдений о расположении этих колец, а также дали значительную дополнительную информацию. Все кольца лежат в экваториальной плоскости планеты (эта плоскость практически перпендикулярна плоскости эклиптики). Кольцо ε — эллиптическое. Оно имеет наибольшую плотность и шире всех других колец, причем ширина его в различных местах неодинакова — колебания составляют несколько десятков километров. Кольцо δ — круглое. У коль-

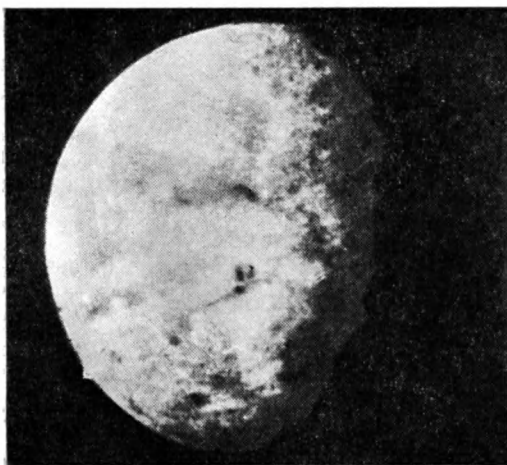


Кольцо  $\epsilon$  (кружками отмечены «спутники-пастухи»)

ца  $\gamma$  при ширине всего 600 м очень четкие границы. Кольцо  $\beta$  незамкнуто. При искусственном усилении цветовых различий кольца  $\epsilon$ ,  $\beta$  и  $\alpha$  выглядят как белые, остальные — зелено-голубые. Различия в цвете показывают, что и состав колец может быть неодинаковым.

АМС «Вояджер-2» открыла десятое кольцо шириной 3 км, находящееся между кольцами  $\epsilon$  и  $\delta$  на расстоянии примерно 50 000 км от центра Урана. Обнаружено еще несколько неполных колец, лежащих за пределами кольца  $\epsilon$ . По предварительным результатам, боль-

Оберон (снимок с расстояния 660 000 км; в левой нижней части лимба видна гора высотой 6 км)

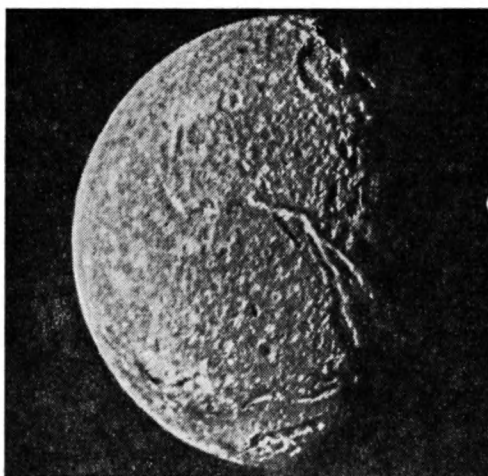


шинство частиц в данном кольце имеет поперечник 1 м и более.

Материал колец Урана — темный. Кольца отражают всего 2,5% падающего на них света. Это обстоятельство, а также малая отражательная способность спутников Урана, возможно, объясняются тем, что частицы, образующие кольца, и поверхность спутников планеты покрыты метановым льдом, хотя достаточных свидетельств в пользу этого пока нет.

## СПУТНИКИ

До пролета АМС «Вояджер-2» около Урана по наблюдениям с Земли были известны пять спутников Урана. Им присвоены имена



Поверхность спутника Урана — Титании

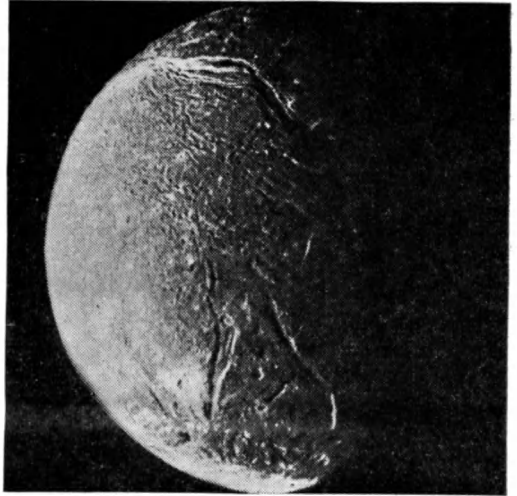
персонажей драмы У. Шекспира «Буря», его комедии «Сон в летнюю ночь», а также поэмы А. Попа «Похищение локона»: Оберон, Титания, Умбриэль, Ариэль и Миранда (перечислены в направлении к планете). «Вояджер-2» прошел на расстоянии 29 000 км от Миранды, 126 000 км от Ариэля, 323 000 км от Умбриэля, 380 000 км от Титании и 470 000 км от Оберона.

На Обероне обнаружено несколько больших кратеров ударного происхождения, а также гора высотой 6 км. Дно некоторых кратеров покрыто черным материалом. На Титании видны протяженные впадины и долины с разветвлениями, а также многочисленные кра-



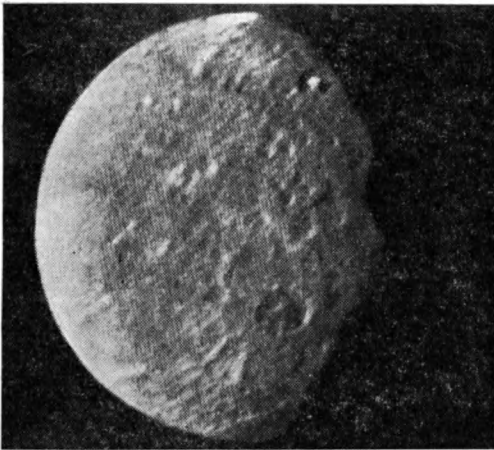
теры. Поверхность **Умбриэля** в основном сглажена, на этом спутнике открыто большое число кратеров, а также светлое пятно. У **Ариэля** сильно кратерированная поверхность со следами различных геологических процессов. Видны многочисленные долины и эскарпы, образовавшиеся в результате разломов. Альbedo отдельных областей его поверхности колеблется от 25% до 45%. Некоторые области гладкие. Отмечается сходство Ариэля со спутником Сатурна Энцеладом, если не считать того, что поверхность Энцелада имеет более высокую отражательную способность, достигающую до 1.

Самым удивительным оказался спутник **Миранда**. По утверждению американских уче-



Ариэль (снимок с расстояния 130 000 км)

рактен сильно изрытый рельеф (от дна крупного кратера до вершины его вала — высота около 20 км). Наиболее удивительно то, что на Миранде есть большие участки бороздчатой местности, напоминающей рельефные образования Ганимеда, где борозды возник-



Умбриэль (снимок с расстояния 557 000 км; в верхней части лимба видно светлое пятно)

ных, у него наиболее сложная геологическая поверхность из всех известных тел Солнечной системы, что неожиданно для такого сравнительно небольшого тела, которое, как считают, наполовину состоит из льда. На снимках спутника видны кратерированные зоны с волнистыми холмами, бороздами, долинами, хребтами, разломами, впадинами и утесами. Глубина борозд и впадин достигает нескольких километров, высота утесов — до 5 км.

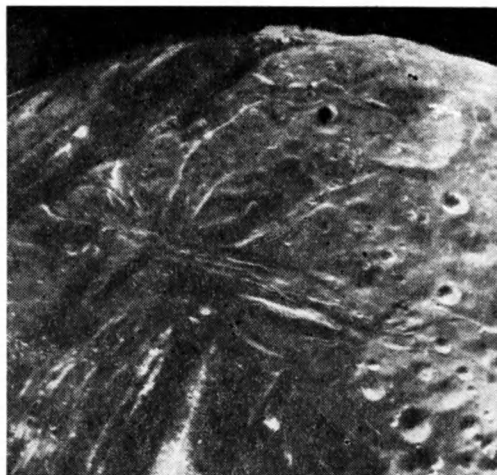
Высоту рельефа на Миранде нельзя считать необычной. Малая величина силы тяжести на небольшом небесном теле не способствует сглаживанию рельефа. Так, и для небольшого спутника Юпитера — Амальтеи ха-



Миранда (снимок с расстояния 146 000 км)



Миранда (снимок с расстояния 42 000 км; отчетливо заметны треугольное образование с бороздами, а также эскарпы)



Миранда (снимок с расстояния 30 500 км)

ли вследствие тектонической деятельности. Ганимед — крупнейший спутник в Солнечной системе; он обладает значительным запасом внутреннего тепла. Таяние льда, расслоение воды и силикатов, а затем повторное замерзание льда — все это могло вызвать на поверхности Ганимеда образование многочисленных борозд. Бороздчатая местность на Миранде занимает относительно большие участки, сравнимые с поперечником спутника. Огромные скругленные «вспаханные поля», названные «Ипподром» и «Большой цирк», четырехугольное поле с выделяющимся более светлым «углом», названное «Шеврон», — пока что уникальные образования во всей Солнечной системе.

Что же могло породить такие геологические процессы? Гравитационная энергия Миранды столь незначительна, что нагревание спутника в ходе аккумуляции не превысило бы 10—20 К, даже если бы энергия выделялась мгновенно и не терялась при излучении в пространство. Примесь радиоактивных элементов в силикатной фракции тел смешанного каменно-ледяного состава не дает ощу-

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПУТНИКОВ УРАНА

Обозначение спутника (в порядке удаления от Урана)	Радиус, км	В долях массы Урана ( $8,7 \cdot 10^{28}$ г)	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Геометрическое альbedo
1986 U7	8	—	—	—
1986 U8	12	—	—	—
1986 U9	25	—	—	—
1986 U3	40	—	—	—
1986 U6	25	—	—	—
1986 U2	40	—	—	—
1986 U1	50	—	—	—
1986 U4	25	—	—	—
1986 U5	25	—	—	—
1985 U1	80×85	—	—	—
V — Миранда	241±8	?	?	0,30
I — Ариэль	583±8	$1,5 \cdot 10^{-5}$	1,6	0,20
II — Умбриэль	595±8	$1,5 \cdot 10^{-5}$	1,5	0,12
III — Титания	796±16	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \pm 0,2$	0,20
IV — Оберон	776±16	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \pm 0,2$	0,20

#### ДАННЫЕ О КОЛЬЦАХ УРАНА

Обозначение кольца (в порядке удаления от Урана)	В долях массы Урана ( $8,7 \cdot 10^{28}$ г)	Геометрическое альbedo
6	—	0,05
5	—	0,05
4	—	0,05
α	$6 \cdot 10^{-13}$	0,05
β	$3 \cdot 10^{-13}$	0,05
η	—	0,05
γ	—	0,05
δ	—	0,05
1986 RU1	—	—
ε	$6 \cdot 10^{-11}$	0,05

тимого нагревания недр у объектов подобного размера. Приливное тепло, выделяющееся в Миранде, также незначительно из-за ее малой массы. Источником энергии могут быть удары тел, залетающих в систему Урана извне. Под действием ускорения со стороны планеты такие тела сильно разгоняются, поэтому в зависимости от направления столкновения скорость их соударения с Мирандой должна быть от 3 до 16 км/с. Американские ученые предполагают, что полное разрушение спутника ударом крупного (~20 км) тела и повторная аккумуляция обломков на орбите как раз и способны объяснить некоторые особенности строения поверхности Миранды.

Помимо пяти спутников Урана, открытых с Земли, «Вояджер-2» обнаружил десять новых

спутников. Орбиты восьми из них лежат между орбитой Миранды и кольцом  $\epsilon$ , а орбиты остальных двух — примерно в 2000 км от кольца  $\epsilon$  по обе его стороны. Это «спутники-пастихи», обращающиеся внутри и вне кольца. Их поперечники приблизительно от 15 до 25 км. Самый крупный из новых спутников имеет поперечник около 160 км. Период его обращения — выше 18 ч. Он обращается по орбите, удаленной от планеты на 86 000 км — дальше, чем все прочие новые спутники. Цвет его такой же темный, как у колец (альbedo менее 12%). Пока он имеет невыразительное название 1985 U1 — то есть первый спутник Урана, открытый в 1985 году.

## НОВЫЕ КНИГИ

### «Маленькая энциклопедия» большой науки

Издательство «Советская энциклопедия» выпустило в 1986 году оригинальное издание — книгу «Физика космоса», имеющую подзаголовок «Маленькая энциклопедия». На титульном листе указано: «Издание второе, переработанное и дополненное». Действительно, увеличив в полтора раза общий объем энциклопедии, составители «Физики космоса» во многом обновили содержание книги — ввели в нее материалы по наиболее современным, актуальным разработкам в области космической физики, при этом большое число статей было написано заново. К работе над энциклопедией редакционная коллегия привлекла немало видных советских специалистов, так что зачастую информация дается читателю, как говорят, «из первых рук».

«Физика космоса» делится на две части. В первую входят восемь обзорных статей: «Что такое космос», «Звезды», «Атмосферы звезд», «Солнце», «Планеты», «Галактика», «Галактики» и «Космология». Эти публикации знакомят чи-

тателей с основными вопросами современной астрофизики. Вторая часть содержит почти 350 небольших статей, которые, для удобства, размещены в алфавитном порядке. Здесь уже более подробно разбираются различные аспекты проблем, затронутых в обзорных статьях. Причем по своему характеру статьи второй части таковы, что, будучи самостоятельными, они могут быть поняты читателем каждая в отдельности, без обращения к другим материалам книги.

Разумеется, «Физика космоса» — отнюдь не справочник для специалистов в области астрономии и астрофизики. Ее цель, как отмечается во вступительном замечании «От издательства», — «ознакомить широкий круг читателей, не имеющих специальной подготовки, с современным уровнем научных знаний о космосе».

### Книга о «космической дружбе»

В 1985 году издательство «Наука» выпустило под редакцией академика Р. З. Сагдеева книгу В. И. Козырева и С. А. Никитина «Международные экипажи в космосе».

Несмотря на небольшой объем, в книге подробно рассказано не только обо всех полетах международных космических экипажей, подготовленных в СССР, но и о тех экспериментах, которые эти экипажи выполняли на околоземной орбите. «Международные экипажи в космосе» можно, пожалуй, использовать как своеобразный справочник, где в систематизированном виде содержатся все необходимые сведения по данному вопросу. Даже структура книги, само наименование глав косвенно свидетельствует об этом: «Международные научные связи и международное сотрудничество в космосе», «Полеты международных экипажей по программе „Интеркосмос“», «В интересах науки и народного хозяйства», «Проект „Союз — „Аполлон“», «Советско-французский пилотируемый полет», «Полет советско-индийского международного экипажа». Книгу завершают два «Приложения» — сводные таблицы по всем полетам международных экипажей, а также маленький раздел «Для тех, кто интересуется техническими подробностями». Здесь же, в конце книги, помещен список дополнительной литературы, Издание рассчитано на круг читателей, интересующихся космическими исследованиями.

## Гений русской науки

В этом году научная общественность всего мира отмечает 275-летний юбилей Михаила Васильевича Ломоносова. Имя его по праву стоит в одном ряду с именами великих ученых прошлого, внесших неоценимый вклад в развитие общечеловеческой культуры. С равным успехом М. В. Ломоносов занимался историей, филологией, экономикой, другими гуманитарными науками. Прославился он и как поэт, основатель современной системы русского стихосложения, и как художник — автор мозаичных портретов и знаменитой картины «Полтавская баталия». Но с именем М. В. Ломоносова связана также целая эпоха в развитии естествознания XVIII века, рождение многих новых научных направлений. О его роли в развитии древнейших наук — о Земле и небе — и рассказывается в предлагаемых статьях.

Кандидат физико-математических наук

Н. И. НЕВСКАЯ

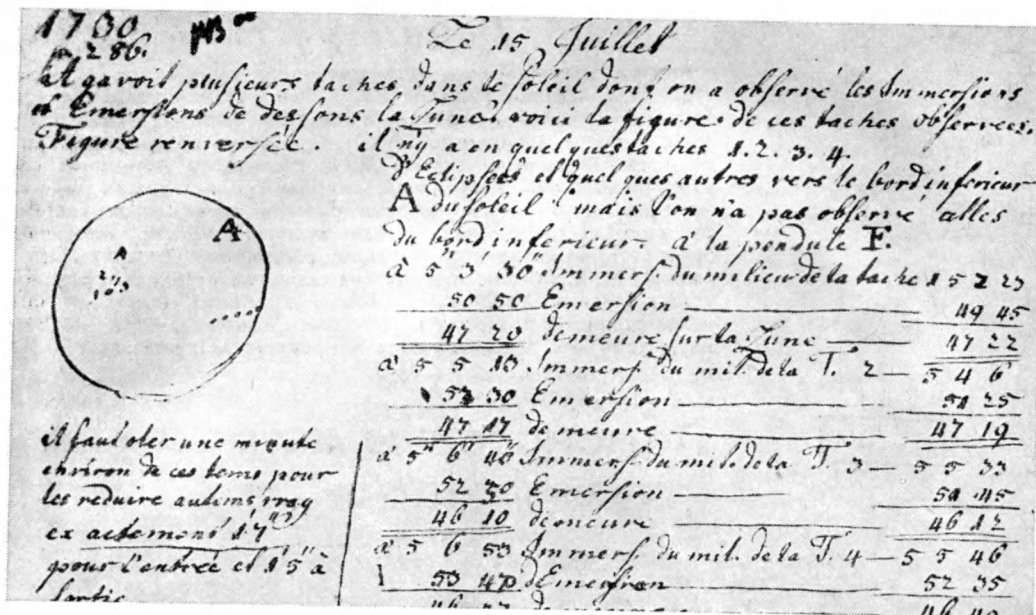
## Ломоносов и астрономия



Если говорить о вкладе М. В. Ломоносова в астрономию, то прежде всего следует сказать об открытии атмосферы Венеры, которое было сделано им в 1761 году, за 4 года до смерти. На основании этого некоторые историки предполагали, что астрономией Ломоносов заинтересовался только в последние годы жизни, а ранее обращался к ней лишь эпизодически. Однако исследования, проведенные в последние годы, показали: астрономия занимала в жизни и творчестве ученого гораздо более важное место. Можно сказать, что путь к открытию атмосферы Венеры начался в январе 1736 года, когда М. В. Ломоносов и одиннадцать



М. В. Ломоносов (1711—1765)



**Запись и зарисовки  
солнечных пятен в журнале  
Петербургской обсерватории**

его товарищей,—ученики Московской славяно-греко-латинской академии,—приехали в Петербургскую Академию наук. Здесь под руководством ученых-иностранцев они должны были продолжить образование. Ломоносов и его друзья увлеченно занимались в Академии, стремясь как можно скорее приобщиться к научным исследованиям. А исследования эти были весьма интересны и разнообразны. Особенно активно в то время работали астрономическая обсерватория и Географический департамент, занимавшийся изучением фигуры Земли и составлением генеральной карты России.

Основателем и руководителем обсерватории и Географического департамента был видный астроном XVIII века

Ж. Делиль (1688—1768), приглашенный из Парижа лично Петром I. Строго выполняя данное Петру обещание создать школу русских астрономов, Делиль открыл двери обсерватории для всех желающих вести какие-либо наблюдения или хотя бы просто присутствовать на них. Это дало обсерватории, располагавшей всего 1—2 штатными сотрудниками, много добровольных помощников, в числе которых оказались профессора и адъюнкты Академии, преподаватели Академической гимназии и университета, различные служащие, студенты и даже геодезисты и штурманы, проходившие в обсерватории стажировку. Имена и наблюдения этих помощников стали известны лишь после того, как в 1977 году удалось найти и изучить журналы обсерватории, более 100 лет считавшиеся безвозвратно утерянными.

В 1736 году среди добровольных сотрудников обсерва-

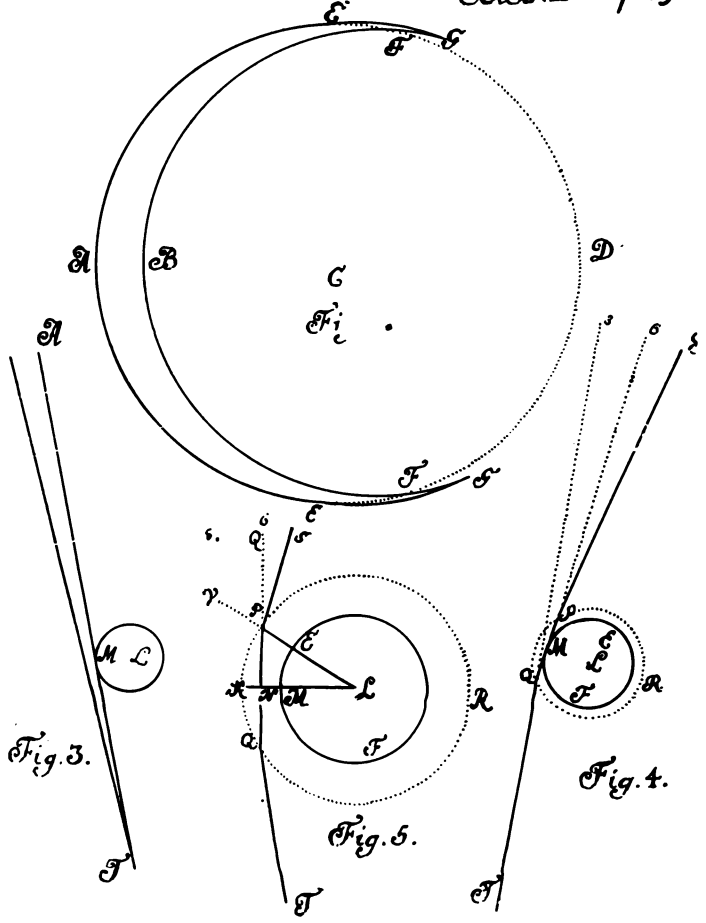
тории были Л. Эйлер (с 1735 года ставший также официальным помощником Делиля в Географическом департаменте) и Г. В. Крафт (в 1727—1731 годах штатный сотрудник обсерватории). Крафт, став профессором физики, продолжал метеорологические наблюдения, изучал полярные сияния и проводил некоторые астрономические исследования. Для Эйлера, Крафта и других молодых ученых-иностранцев, выходцев из небольших стран Европы, работать в Петербургской обсерватории было большой честью. Ведь обсерватория, размещавшаяся в 3 этажах башни над зданием Кунсткамеры, по богатству оборудования, разносторонности и продуманности программ исследований считалась в то время одной из лучших в Европе.

Вполне естественно предположить, что и Ломоносов, став студентом Академического университета и начав 5 января



1736 года обучение у адъюнкта В. Е. Адодурова и профессора Г. В. Крафта, познакомился с Петербургской обсерваторией. О работах обсерватории можно было узнать из газеты «Санкт-Петербургские ведомости» и приложения к ней — журнала «Примечания на Ведомости». В 1723—1742 годах на русском и немецком языках их издавала Академия наук, пользовавшаяся случаем, чтобы сообщить о работах своих сотрудников. Статьи, как тогда было принято, выражали мнение всей Академии, а потому не подписывались авторами, излагавшими это коллективное мнение. Крафт написал много таких статей, и скорее всего он знакомил с ними своего любознательного ученика.

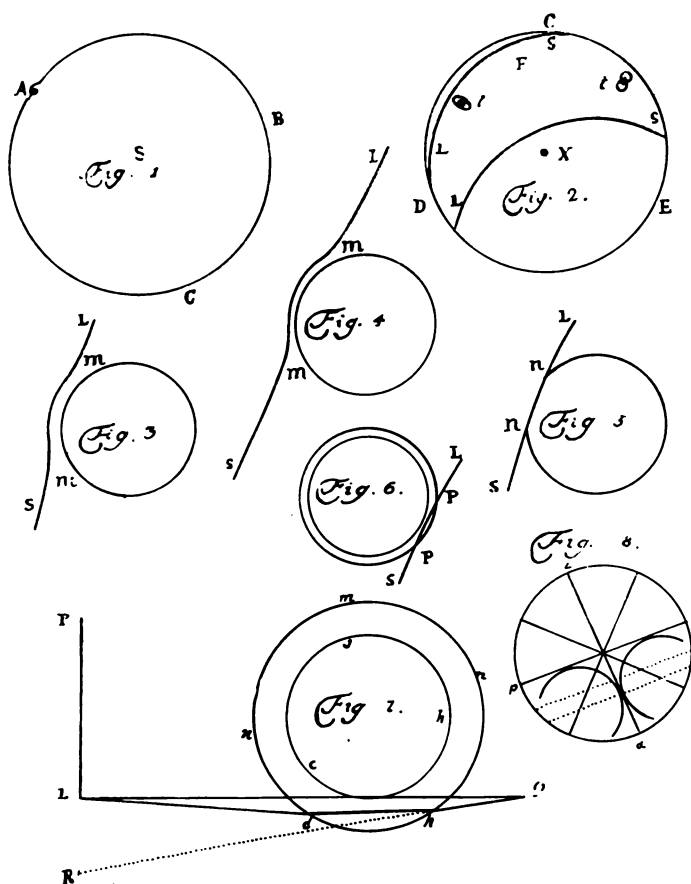
Так, например, Крафту как ревностному наблюдателю солнечных пятен было поручено написать для «Примечания» серию статей, подводивших итоги 5-летних наблюдений, которые велись в обсерватории с 15 июля 1730 по декабрь 1735 года. Именно в «Примечаниях» впервые на русском языке появился поэтический образ «солнечного моря», в дальнейшем часто фигурировавший в стихах М. В. Ломоносова, А. Д. Кантемира, В. К. Тредиаковского и А. П. Сумарокова. Все они в то или иное время присутствовали на солнечных наблюдениях и выразили затем свои впечатления в стихах. Ломоносову в первый раз приезд в Петербург не удалось самому увидеть солнечные пятна, но в журналах обсерватории осталось множество зарисовок и описаний пятен. Не было недостатка и в самых красочных рассказах многочисленных очевидцев, и прежде всего самого Крафта.



Чертежи и статья Л. Эйlera о наблюдениях кольцеобразного солнечного затмения

Другой проблемой, живо интересовавшей петербургских ученых, была проблема поиска планетных атмосфер. Предстояло редкое астрономическое явление — покрытие Венеры Луной. Об этом говорилось в газете за 9 сентября 1729 года и в журнальной статье «О совокуплении Венеры с Луной», написанной Крафтом. Сообщив об удачных наблюдениях, проведенных в Петербурге 8 (19) сентября 1729 года, Крафт опи-

сал суть явления, методы его наблюдений и особо подчеркнул, что петербургские астрономы вели свои наблюдения не в астрометрических целях, как обычно, а для поиска лунной атмосферы. Освещалась и история вопроса, поставленного еще И. Кеплером, допуская существование на Луне атмосферы. Упомянулось и о Я. Гевелии, считавшем, что не только Луна, но и все другие планеты имеют атмосферу, а также о Х. Гюйгенсе и других противниках этой точки зрения.



Чертежи М. В. Ломоносова к его статье об атмосфере Венеры

В статье подробно рассказывалось о парижской дискуссии 1715—1717 годов, разгоревшейся по поводу наблюдений предыдущего покрытия Венеры Луной. Ж. Делилю и Ж. Лувиллю Венера тогда показалась красной вблизи освещенного края Луны при заходе за ее диск и синей—с противоположной стороны, при выходе из-за диска. Лувиль истолковал цветные эффекты как доказательство существования на Луне атмосферы. Другие астрономы справедливо сомневались в этом, и предлагали

другие объяснения замеченных явлений. Так, Ж. Кассини считал, что такие явления вызваны оптическими дефектами телескопов. Эти дефекты возникают каждый раз, когда изображение находится не точно в центре поля зрения. Делиль же полагал, что цветные эффекты могли быть вызваны дифракцией или рефракцией света на краю лунного диска или в атмосфере Венеры.

Для выяснения истины Делиль еще в Париже начал лабораторное изучение дифракции и рефракции света. В Петербургской обсерватории была небольшая физическая лаборатория, где продолжались экспериментальные ис-

следования. Крафт настолько увлекся ими, что стал профессиональным физиком. Он оборудовал прекрасную лабораторию, где вел научные исследования и обучал студентов. Ломоносов, вероятно, неоднократно бывал там уже в свой первый приезд в Петербург.

В 1729 году петербургские астрономы, удерживая изображение Венеры точно в центре поля зрения, тщательно наблюдали моменты второго и третьего контактов. На этот раз ученые не заметили никаких цветных эффектов, что свидетельствовало об отсутствии атмосферы на Луне. Однако в журнале обсерватории было зафиксировано небольшое дрожание изображения за несколько секунд до того, как Венера полностью скрылась за лунным диском. Это говорило о том, что вопрос о лунной атмосфере еще не решен окончательно, и давало возможность подозревать существование атмосферы на Венере.

Несомненно, что внимание М. В. Ломоносова, как уроженца Севера, должна была привлечь и серия статей «О бывшем тому недавно Северном сиянии», написанных в 1730 году Г. Ф. Миллером, Л. Эйлером и Г. В. Крафтом<sup>1</sup>. В статьях рассказывалось об истории наблюдений полярных сияний, обсуждалась физическая природа явления, устанавливалась связь между солнечными пятнами, полярными сияниями, всевозможными метеорологическими явлениями и

<sup>1</sup> Ю. Х. Копелевич. Забытые страницы «Примечаний на Ведомости». В сб. «Наука и культура России XVIII века». Л., 1984, с. 40—42.

«извержениями вулканов. Возможно, Ломоносов был знаком и со статьями, посвященными описанию различных астрономических инструментов и приборов, а также метеорологических инструментов — термометров, барометров, манометров, дождемеров и так далее. Автором этих описаний был тот же Крафт. И, наконец, Ломоносова не могли не заинтересовать и те статьи, в которых разоблачались всевозможные суеверия, разного рода «чудеса» священнослужителей-обманщиков, бичевались инквизиция и злоупотребления духовенства. В «Примечаниях на Ведомости» за 1720—1735 годы печаталось много таких материалов, носивших резко антиклерикальный, а порой и атеистический характер. Петербургские ученые с молодым задором стремились использовать любой повод для поддержания идеи о необходимости свободного развития науки, науки, независимой от церкви. Интересно отметить, что в «Примечаниях» были опубликованы даже отрывки из речей Ж. Делиля и Д. Бернулли, с которыми они выступили на публичном собрании Академии в марте 1728 года в защиту учения Коперника, и которые впоследствии были запрещены к публикации на русском языке<sup>2</sup>.

Первый период пребывания Ломоносова в Петербурге оказался недолгим. Когда в Академии стали решать, кого из молодых людей послать в Германию для обучения химии и

горному делу, Крафт, не задумываясь, рекомендовал М. В. Ломоносова. В конце сентября 1736 года Ломоносов вместе с двумя товарищами покинул Петербург.

Вернулся он лишь 8 июня 1741 года и сразу же был направлен к профессору естественной истории И. Амману. Под его руководством Ломоносов составлял каталог хранившихся в Кунсткамере минералов. В то же время на чисто добровольных началах М. В. Ломоносов вместе с Г. В. Рихманом начал помогать Крафту в проведении метеорологических наблюдений. Он стал часто бывать в обсерватории, постепенно приобщаясь и к другим исследованиям. Так, Ломоносов разработал оригинальную конструкцию «солнечной печи», а затем и других инструментов, переводил на русский язык статьи Крафта для «Примечаний на Ведомости», присутствовал на различных астрономических наблюдениях, и наконец, включился в разработку вопросов, связанных с поисками атмосфер небесных объектов.

Найденные в бумагах петербургского астронома Х. Н. Винсгейма черновики протоколов заседаний Академической конференции за весь 1742 год (опубликованные протоколы за этот год начинаются лишь с 9 июля) и составленный им «Указатель протоколов» позволили проследить начало научной деятельности Ломоносова в Петербургской Академии наук. Выяснилось, что на первом же заседании, 4 января 1742 года обсуждался вопрос о пробных сочинениях («специменах») студентов Ломоносова и Теплова. 11 апреля было принято решение о присвое-

нии им звания адъюнкта. 14 мая это решение было утверждено, а 28 мая 1742 года адъюнкт М. В. Ломоносов впервые присутствовал на заседании Академической конференции как ее полноправный член.

В библиотеке Парижской обсерватории была обнаружена неопубликованная статья Делиля «Польза экспериментов по дифракции света для астрономии», представляющая собой набросок плана будущих исследований. В 10 заметках, непосредственно не связанных друг с другом, но объединенных общей тематикой, предлагалось провести эксперименты с растворами металлов, с телами, обладающими магнитными свойствами, такими, как амбра, магнит, коралл и тому подобное. Изучив свойства дифракции и рефракции, следовало применить их к объяснению астрономических явлений — солнечных пятен, солнечных и лунных затмений, покрытий Луной звезд и планет. Таким образом, можно полагать, что начатые Ломоносовым химические эксперименты с растворами металлов были связаны также и с астрономической программой Делиля. Опыты над амброй, магнитом, кораллом предполагалось провести в дальнейшем. Эти и многие другие затронутые Делилем вопросы Ломоносов детально обсуждал в своих «276 заметках по физике и корпускулярной философии». Как известно, работа была написана в 1741—1743 годах и при жизни ученого не публиковалась. Сравнение 10 заметок Делиля с 276 заметками Ломоносова показывает, что молодой русский ученый активно включился в исследование многих проблем, интере-

<sup>2</sup> Н. И. Невская «„Примечания на Ведомости“ как научный журнал». В сб. «Наука и культура России XVIII века». Л., 1984, с. 28, 32.

совавших петербургских астрономов. Одна из них — изучение эффектов дифракции и рефракции света и применение этих эффектов при исследовании атмосфер небесных тел — и привела Ломоносова в дальнейшем к открытию атмосферы Венеры.

Интересно отметить, в 1743 году были написаны и широко известные стихи Ломоносова «Утреннее размышление о божьем величестве», ярко отразившие личные впечатления от астрономических наблюдений, и прежде всего наблюдений Солнца, которое он называл «горящим вечно океаном»:

«Там огненны валы стремятся  
И не находят берегов;  
Там вихри пламенные крутятся,  
Борющиеся множество веков;  
Там камни, как вода, кипят,  
Горящи там дожди шумят».

Не удивительно, что когда представился удобный случай окончательно решить вопрос о лунной атмосфере во время кольцеобразного солнечного затмения в июле 1748 года, видимого на большей части территории Европы, М. В. Ломоносов не мог остаться в стороне. Он внимательно изучил присланное в Петербургскую Академию наук «Обращение к астрономам», в котором содержалась подробная инструкция для наблюдения моментов контактов и определения ширины кольца.

Ломоносов привлек к работе адъюнкта Н. И. Попова, бывшего ученика Делиля. Попов вел астрономические наблюдения, а профессор философии И. А. Браун помогал ему. Сам же Ломоносов, тогда уже профессор химии, с увлечением взялся за выполнение метеорологических наблюдений.

В течение более чем трех часов он тщательно следил за изменениями температуры воздуха и атмосферного давления, снимая показания термометра и барометра через каждые 5 минут во время затмения и через каждые 10 минут после него, сделав в общей сложности 47 измерений.

К сожалению, при публикации этих материалов в «Новых комментариях» (1750 г.) был допущен ряд ошибок. Так, фамилия Ломоносова выпала из заглавия статьи о солнечном затмении, а результаты его наблюдений, выполненных во время солнечного затмения, оказались в соседней статье Брауна и Попова о лунном затмении. Путаница привела к тому, что участие Ломоносова в этих наблюдениях до последнего времени оставалось неизвестным, хотя современники ученого знали о нем.

В итоге наблюдений, проведенных в 1748 году, удалось выяснить: светящееся кольцо вокруг темного диска Луны не расширяется, а следовательно, Луна не должна иметь сколько-нибудь заметной атмосферы. И лишь один Л. Эйлер, наблюдавший тогда в Берлине, пришел к противоположному выводу. Он опирался на свою модель «атмосферы-облака» и считал, что издалека атмосфера планеты всегда должна казаться темным, непрозрачным телом. В работе «Опыт упругости воздуха», написанной в 1748 году и опубликованной в 1750 году, Ломоносов предложил иную модель, убедительно показав, что атмосфера должна быть гораздо прозрачнее, чем думал Эйлер.

Теперь уже ничто не меша-

ло Ломоносову, основываясь на своей модели атмосферы и наблюдая моменты контактов во время прохождения Венеры по диску Солнца в 1761 году, обнаружить «тонкое, как волос, сияние» при втором контакте и светлый «пупырь» на краю Солнца при третьем. В результате Ломоносов сделал правильный вывод о наличии на Венере весьма плотной атмосферы. Этот вывод Ломоносов сразу же использовал для защиты учения Коперника от яростных нападок церковников.

Итак, важнейшее астрономическое событие XVIII века, открытие атмосферы Венеры, было отнюдь не случайным. Ломоносов к нему хорошо подготовился. Он прекрасно усвоил все достижения петербургских астрономов и ясно понимал цели и задачи астрофизики. Вот как он писал в 1762 году: «Астрономическо-физические наблюдения неподвижных звезд и наших планет со спутниками при помощи труб с максимально возможным увеличением полезны тем, что важные явления, которые в течение многих веков не случаются на нашем Солнце и нашей Земле, могут происходить и наблюдаться на многих светилах». В этой фразе дана удивительно современная формулировка целей и задач астрофизики — использование Вселенной как своеобразной космической лаборатории для выяснения физических свойств тел в разных условиях. Любопытно, что, назвав наблюдения такого рода «астрономическо-физическими», М. В. Ломоносов почти точно предугадал и название новой науки — астрофизики.



## Ломоносов и развитие гравиметрии

В области наук о Земле М. В. Ломоносов выдвинул много важных и передовых для своего времени идей. В геологии отстаивал идею об изменчивости «телесных вещей и всего мира», приводя свидетельства истории и древней географии. Окаменелости и отпечатки на горных породах, по его мнению, являлись следами животных и растений былых эпох. Ломоносов-географ много внимания уделял изучению полярных стран и проблеме Северного морского пути. В Географическом департаменте Академии наук под его руководством подготавливались данные для составления нового географического атласа России, ему принадлежит проект справочника — «экономического лексикона», в который должны были войти сведения о сельскохозяйственной и промышленной продукции отдельных районов страны, наличии строительных материалов и других естественных ресурсов, имеющих, как мы теперь говорим, народнохозяйственное значение.

Ряд основополагающих работ Ломоносов выполнил в области геофизики. Он изучал полярные сияния и атмосферное электричество, создал анемометр, морской барометр и другие приборы для метеорологических наблюдений. Изучая природные льды, дал их первую классификацию, во

многом сохранившуюся и до настоящего времени. Изучение Ломоносовым ускорения силы тяжести, сконструированные им первые приборы и высказанные концепции и гипотезы по гравитации оказали огромное влияние на развитие гравиметрии. О работах Ломоносова по гравиметрии мы и хотим рассказать.

К началу его деятельности уже были получены некоторые важные экспериментальные данные о силе тяжести и возродились попытки доказать существование взаимного тяготения (притяжения) тел. Так, еще в начале XVII века Г. Галилей провел первые опыты по определению ускорения свободного падения тел с помощью простейшего маятника — отвеса. Г. Гюйгенс, развивая идеи Г. Галилея, в середине XVII века вывел формулу зависимости ускорения силы тяжести от периода колебаний маятника и его длины. Полагая, что сила тяжести мало меняется по поверхности земного шара, он определил на широте Парижа длину маятника с полупериодом колебания в одну секунду (секундный маятник) и предложил одну треть длины этого маятника считать эталоном длины на Земле — метром. Позднее выяснилось, что у секундного маятника изменяется длина в различных географических пунктах. Правильное объясне-

ние этого явления, а следовательно, и изменения силы тяжести на разных широтах, а также влияния сил притяжения и центробежной силы на форму нашей планеты дал И. Ньютон. Он вычислил сжатие Земли у полюсов и окончательно сформулировал свой знаменитый закон всемирного тяготения в работе «Математические начала натуральной философии», изданной в 1687 году. В ней он дал и основные понятия механики — массы, количества движения, силы, ускорения, законов инерции.

Вывод и формулировку основных законов механики, сделанные Ньютоном, в то время разделяли далеко не все ученые. Те положения, которые не вызывают в наше время никаких сомнений, подвергались тогда резкой критике. По ряду важнейших вопросов механики противником Ньютона был известный математик Я. Бернулли. А математик и физик Д. Бернулли считал, что в формулировке закона всемирного тяготения возможны и иные соотношения между притягивающимися массами, кроме данной Ньютоном зависимости от квадрата расстояния между ними.

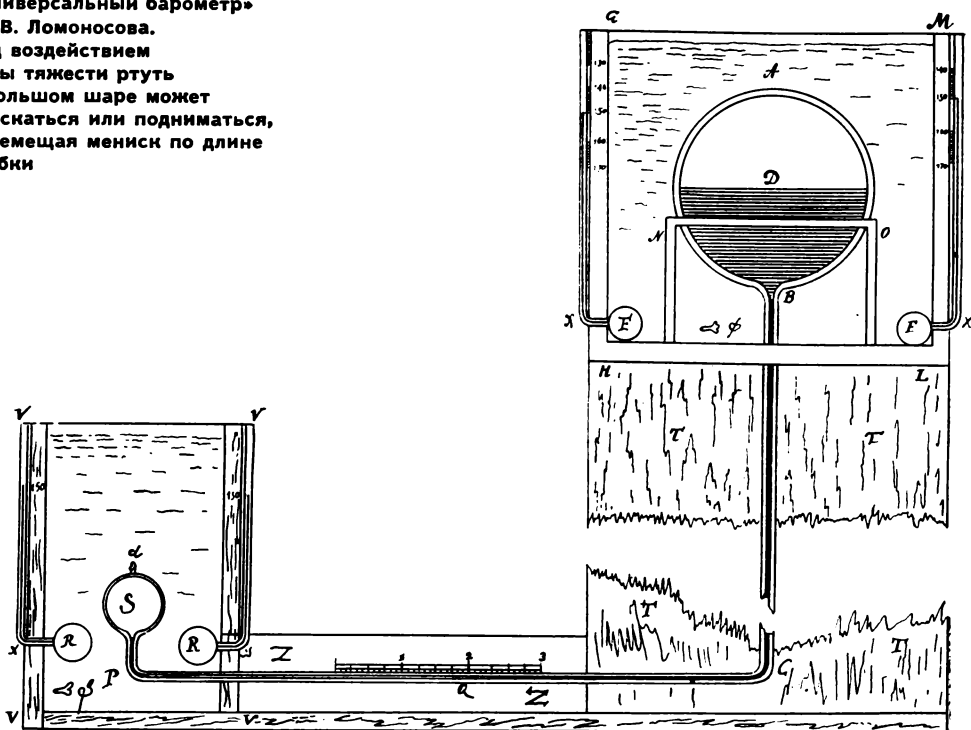
С некоторыми выводами Ньютона, относящимися к проблеме тяготения, не был согласен и Ломоносов. Он не признавал существования действующих сил, каковыми



### «Универсальный барометр»

М. В. Ломоносова.

Под воздействием силы тяжести ртуть в большом шаре может опускаться или подниматься, перемещая мениск по длине трубки



и являются гравитационные силы. В работе «Опыт теории о нечувствительных частицах тел и вообще о причинах частных качеств» он писал: «тела приводятся в движение одним толканием... без толчка тела не могут ни действовать, ни противодействовать... кроме толкания одних частиц материи другими нет никаких сил, и движение есть первичное свойство материи, определяющее все частные свойства веществ...».

Ломоносов провел ряд теоретических исследований по гравитации и поставил наблюдения за изменением силы тяжести, придавая опытным данным важнейшее значение. «Один опыт,— писал он в известной работе «276 заметок по физике и корпускулярной философии»,— я ставлю выше,

чем тысячу мнений, рожденных воображением. Ученые потратили уже немало труда, чтобы найти средство, с помощью которого можно было бы открыть и измерить силы, которыми Луна и Солнце нарушают у нас на Земле силу тяжести и которые помимо этого обнаруживаются только по морским приливам, что я счел бесполезным подумать об устройстве какого-либо прибора для этой цели». Понимая всю трудность и даже почти невыполнимость такой задачи, он добавляет: «тот, кто подумает, сколько значат подобного рода попытки для познания морских приливов и воздушных явлений, тот вместе с ним повторит известное изречение «в великом деле достаточна и попытка».

Для экспериментальных на-

блюдений силы тяжести Ломоносов разработал несколько приборов. Первым был специальный «универсальный барометр», проект его конструкции обсуждался на заседании Академии наук 1 декабря 1749 года. Изготовленный в академических мастерских три года спустя, прибор предназначался, чтобы «открыть силы, которыми Луна и Солнце нарушают на Земле силу тяжести и которые помимо этого обнаруживаются только морскими приливами».

В отличие от обычного барометра, который показывает «изменяющуюся тяжесть атмосферы», «универсальный барометр» Ломоносова должен был отмечать изменение веса у всех тел, измерять притяжение Луны и Солнца даже в местах, очень далеких от моря,

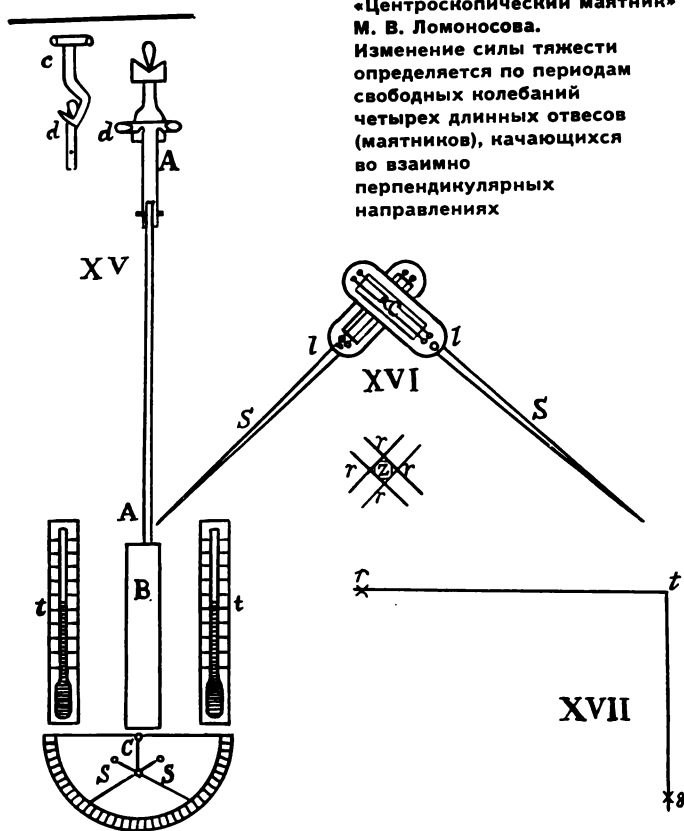
а также определять длину маятника на различных широтах и более точно измерять высоту гор. Прибор состоял из двух полых стеклянных шаров разного диаметра, соединенных очень тонкой трубкой. Меньший шар (диаметром 1 дюйм) заполнялся сухим воздухом, в больший же (диаметр его 3 дюйма) до половины наливалась ртуть. В процессе изготовления большой шар запаявался, чтобы давление газа меньшего шара (работающее как газовая пружина) уравновешивало давление ртути большого шара в середине соединительной трубки.

По расчетам Ломоносова, под воздействием силы тяжести ртути в большом шаре могла подниматься или опускаться, смещая по длине трубки мениск по закону сообщающихся сосудов:

$$p_1 - p_2 = \rho g S \Delta h,$$

где  $p_1 - p_2$  — разность давлений в сосудах,  $\rho$  — плотность жидкости,  $S$  — сечение трубки,  $\Delta h$  — разность высот жидкости в коленях трубки,  $g$  — ускорение силы тяжести.

Оба шара помещались в коробки с водой и мелким льдом, чтобы на показания прибора не могло влиять атмосферное давление и изменение упругости воздуха в зависимости от температуры в малом шаре. Температурный коэффициент прибора Ломоносова был очень высоким, превышающим 3800 мгал на  $1^\circ \text{C}$ . Такой прибор мог регистрировать только изменения силы тяжести, то есть был по существу простейшим газовым гравиметром, поскольку при постоянстве разности давле-



«Центроскопический маятник» М. В. Ломоносова. Изменение силы тяжести определяется по периодам свободных колебаний четырех длинных отвесов (маятников), качающихся во взаимно перпендикулярных направлениях

ний, предусмотренной конструкцией прибора, с его помощью легко определять силу тяжести и ее вариации.

Идея Ломоносова о том, что изменения силы тяжести можно измерять универсальным барометром, позднее широко использовалась в гравиметрии. Известному немецкому гравиметристу Г. Гаальку только в 1930 году удалось создать улучшенный вариант прибора: он состоял из четырех простейших газовых гравиметров Ломоносова, помещенных в заполненный льдом термостат. Газовый гравиметр Гаалька, обладая высокой чувствительностью, давал большую для того времени точность определений. Этим газовым гравимет-

ром выполняли определения силы тяжести на суше, реках, в Балтийском море.

Творчески подойдя к использованию маятников, Ломоносов создал точный прибор — «центроскопический маятник». С его помощью ученый намеревался «узнать, всегда ли центр, притягивающий к себе тяжкие тела, стоит неподвижно».

Схему «центроскопического маятника» или «нового отвеса» Ломоносов подробно описал в работе «Рассуждения о большой точности морского пути». Этот прибор составляли четыре отвеса, один из которых медный, длиной в сажень, со свинцовым грузом на конце. Основной стержень подвешен на двух призматических опо-

рах, обеспечивающих свободные колебания во взаимно перпендикулярных направлениях — «от востока к западу и от севера к полудню». Присоединение маятникового груза внизу к двум механическим стрелкам, по расчетам Ломоносова, увеличило приведенную длину отвеса до 17 сажен. С помощью «центроскопического маятника» Ломоносов выполнил более 600 наблюдений, он вел их несколько лет, а результаты тщательно записывал в особую книгу. Судьба этих записей оказалась весьма печальной. Таблицы наблюдений были напечатаны на русском и латинском языках в академической типографии в начале 1765 года, и в мае того же года они обсуждались на собрании Академии. Напечатанные таблицы после смерти Ломоносова остались лежать на складе и через 22 года были отнесены к разряду «не нужных изданий» и проданы на вес. Почти через два столетия, в 1951 году, в фондах библиотеки АН СССР обнаружили один экземпляр на латинском языке. Он был вновь напечатан в четвертом томе полного собрания сочинений Ломоносова.

Для измерения вариаций силы тяжести помимо «центроскопического маятника» Ломоносов разработал «закрытый барометр». От обычного ртутного он отличался тем, что одно колено прибора вводилось в стеклянный шар диаметром 10 дюймов. Сам шар помещался в сосуд, заполненный смесью воды со льдом, и изменения силы тяжести определялись движением мениска по линейке.

Есть упоминания о том, что кроме всех этих приборов Ло-

моносов создал и металлический барометр, предназначавшийся для «исследования непостоянства тяжести тел». Он назвал его «новоизобретенными пружинными весами», поскольку в нем содержалась упругая спиральная пружина, обладающая высокой чувствительностью, такая пружина обычно применяется в больших часах. Этот прибор Ломоносова не нашел применения в XVIII—XIX веках — его чувствительность все же была на один-два порядка ниже чувствительности маятниковых приборов того времени. Только в 30-х годах нашего столетия, когда для геологоразведочных целей потребовались малочувствительные, более грубые приборы и были созданы специальные сорта стали для изготовления пружин, полевые пружинные гравиметры получили широкое распространение.

Приборами собственной конструкции Ломоносов несколько лет проводил систематические наблюдения вариаций силы тяжести в лаборатории Академии наук и в своей домашней лаборатории. Интересно, как он понимал суть явлений и пытался интерпретировать эти опытные данные. В статье «Физическая диссертация о различии смешанных тел», которую Ломоносов написал еще в студенческие годы, он попытался доказать, что масса вещества не пропорциональна его весу. Позднее, объясняя свою научную позицию в письме к Л. Эйлеру от 5 июля 1748 года, он писал, что утверждение Ньютона о пропорциональности массы тел их весу справедливо только для однородных тел. Удельный вес вещества, по мнению Ломоносова, зависит

от размеров «корпускул», на поверхности которых действует невесомая «тяготительная сила». Чем больше размеры корпускул, тем меньше суммарная поверхность, а следовательно, меньше удельный вес при одинаковом количестве вещества. Таким образом, гипотезу Ньютона о пропорциональности веса и количества вещества можно применять лишь к обыкновенной механике, она не может объяснять явлений, зависящих от мельчайших частиц.

Говоря об ограничении применимости этой гипотезы Ньютона, Ломоносов в статье «Об отношении количества материи и веса» подчеркивал: произвольные допущения физиков не согласуются с остроумнейшей простотой природы и самые первые начала механики, а тем самым и физики, все еще остаются спорными.

В последние годы жизни Ломоносов пытался выяснить причины изменения силы тяжести на земном шаре. С помощью созданных им новых приборов он поставил комплексные наблюдения за изменением величины силы тяжести и ее направления. И хотя полученные им результаты нельзя было интерпретировать однозначно, Ломоносов высказал предположение о том, что внутри Земли имеется три центра гравитации и что Луна и Солнце влияют на изменение силы тяжести. Из этих трех центров «третий всечасно переменяется и от того все отвесы переменяются». Гипотеза о существовании трех центров гравитации позднее не подтвердилась, однако идеи о связи вариаций силы тяжести с влиянием Луны и Солнца оказались правильными.

Nutationes Penduli Centrosopici.				1764. Februar		Altitudines Baro- metrorum.		
Dies	Horae	Or. Oc.	Bo. Au.	Alt. Bar. Sig. obf.	Therm. in Bar.	Altitud. redoublae	Bar. vn. (metall.)	Therm. pen. Bar.
3	9. m	11.	85.	2805	1373	2912 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$ +	135 $\frac{1}{2}$
4	7. p.	11.	84 $\frac{4}{10}$	2755	1352	2846 $\frac{1}{2}$ +	28 $\frac{1}{2}$	134 $\frac{1}{2}$
	12. p.	11.	84 $\frac{4}{10}$	2750	1352	2841 $\frac{1}{2}$	28	134 $\frac{1}{2}$
5	8 $\frac{1}{2}$ . m	10 $\frac{7}{10}$	84 $\frac{4}{10}$ +	2749	1350	2834	28 +	134 $\frac{1}{2}$
	12. m	11.	idem	2752	1354	2845	28 $\frac{1}{2}$	133 $\frac{1}{2}$
	4 $\frac{1}{2}$ . p.	12 +	84 $\frac{4}{10}$	2760	1300	2861 $\frac{1}{2}$	idem	133 $\frac{1}{2}$
	6. p.	11.	84 $\frac{4}{10}$	2762	1361 +	2860 $\frac{1}{2}$	28.	134
10. p.	idem	idem	2766 +	1362	2865 +	28	133 $\frac{1}{2}$	
7	12. m	11.	84 $\frac{4}{10}$ +	2799	1365	2901 $\frac{1}{2}$	28 +	133 $\frac{1}{2}$
8	10. p.	10 $\frac{7}{10}$	84 $\frac{4}{10}$	2779	1363	2878 $\frac{1}{2}$	28 -	134 $\frac{1}{2}$
9	8 $\frac{1}{2}$ . m	10 $\frac{7}{10}$ +	84 $\frac{4}{10}$	2793	1384	2908 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$ +	135 $\frac{1}{2}$
	1 $\frac{1}{2}$ . p.	11 $\frac{3}{10}$ -	84 $\frac{4}{10}$	2811 +	1385	2927 +	27 $\frac{1}{2}$ +	144 $\frac{1}{2}$
11	10. m.	11 $\frac{1}{10}$	84 $\frac{4}{10}$	2797	1407	2929 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$ -	137 $\frac{1}{2}$
	2 $\frac{1}{2}$ . p.	10 $\frac{7}{10}$ +	84 $\frac{4}{10}$	2784	1391	2904 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$	134
	5. p.	10 $\frac{7}{10}$	84 $\frac{4}{10}$ -	2771	1350	2861	28 +	132 $\frac{1}{2}$
12	10. m	11.	84 $\frac{4}{10}$ +				28 $\frac{1}{2}$	133 $\frac{1}{2}$
13	8 $\frac{1}{2}$ . m	11 -	84 $\frac{4}{10}$	2801	1385	2917 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$ +	135 $\frac{1}{2}$
	11. m.	10 $\frac{7}{10}$	84 $\frac{4}{10}$ +	2811	1384	2926 $\frac{1}{2}$	28 -	133 $\frac{1}{2}$
	4. p.	idem	84 $\frac{4}{10}$	2820 -	1343	2904 $\frac{1}{2}$ -	28 $\frac{1}{2}$ +	131 $\frac{1}{2}$
	6 $\frac{1}{2}$ . p.	10 $\frac{7}{10}$	84 $\frac{4}{10}$ -	2825	1345	2911 $\frac{1}{2}$	28 $\frac{1}{2}$	132 $\frac{1}{2}$
	10. p.	10 $\frac{7}{10}$ +	84 $\frac{4}{10}$ +	2829 +	1354	2922	28 $\frac{1}{2}$ -	132 $\frac{1}{2}$
14	7 $\frac{1}{2}$ . m.	10 $\frac{7}{10}$	idem	2842 -	1380	2954 $\frac{1}{2}$ -	28 $\frac{1}{2}$	134 $\frac{1}{2}$
	11. m.	10 $\frac{7}{10}$	84 $\frac{4}{10}$	2649 -	1384	2964 $\frac{1}{2}$ -	28	133 $\frac{1}{2}$
	6 $\frac{1}{2}$ . p.	11.	84 $\frac{4}{10}$ -	2859 +	1385	2975 $\frac{1}{2}$ +	idem	134
15	8 $\frac{1}{2}$ . m.	idem	84 $\frac{4}{10}$	2881	1417	3021 $\frac{1}{2}$ .	27 $\frac{1}{2}$ -	136 $\frac{1}{2}$
	1. p.	idem	84 $\frac{4}{10}$ -	2886	1408	3019 $\frac{1}{2}$	idem	135
	5. p.	11 +	84 $\frac{4}{10}$	2889 +	1400	3016 $\frac{1}{2}$ +	27 $\frac{1}{2}$	135 $\frac{1}{2}$
	7. p.	11 +	84 $\frac{4}{10}$ -	2889 +	1401	3017 $\frac{1}{2}$ +	27 $\frac{1}{2}$ +	136 $\frac{1}{2}$
	8 $\frac{1}{2}$ . p.	idem	idem	2890	1405	3021 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$ -	136 $\frac{1}{2}$
10. p.	11 $\frac{1}{10}$	84 $\frac{4}{10}$	2891	1410	3026	27 $\frac{1}{2}$	137	
16	8 $\frac{1}{2}$ . m.	11 $\frac{4}{10}$	84 $\frac{4}{10}$	2893 +	1435	3047 $\frac{1}{2}$ +	27 $\frac{1}{2}$	139 $\frac{1}{2}$
	11 $\frac{1}{2}$ . m.	idem	84 $\frac{4}{10}$	2894	1437	3049 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$	137 $\frac{1}{2}$

Записи наблюдений из «таблиц» М. В. Ломоносова

Вообще нужно отметить: приборы, которыми пользовался Ломоносов, принципиально не могли обеспечить точности измерений, необходимой для выявления тонких эффектов. Но Ломоносов считал, что ему все же удалось заметить изменения в направлении силы тяжести, причем изменения в по-

ложении маятника широтного сова об изменениях силы тя-  
направления выявились четче, жести, выявленных по измене-  
чем меридионального. Однако нию уровня ртути в обычном  
с этим нельзя согласиться: ви- барометре — как известно, до-  
димом, на результаты измерений вольно грубом приборе.  
повлияли какие-то системати-  
ческие ошибки, ведь одни  
только температурные флуктуа-  
ции в 1—1,5°, которыми Ломо-  
носов пренебрегал, превышали  
величину возможных колеба-  
ний лунно-солнечных отклоне-  
ний силы тяжести. Сомнитель-  
но также заключение Ломоно-

сова об изменениях силы тя-  
направления выявились четче, жести, выявленных по измене-  
нию уровня ртути в обычном  
барометре — как известно, до-  
вольно грубом приборе.

Первые лунные вариации  
силы тяжести установили в Рос-  
сии в 1892—1893 годах астро-  
номы И. Е. Кортацци и Г. В.  
Левецкий с помощью горизон-  
тального маятника Ребер—  
Пашвица. Измерены были не  
сами вариации силы тяжести,  
а вызываемое ими изменение

наклона земной поверхности из-за деформации земной коры. Впоследствии в барометрические определения атмосферного давления метеорологи стали вводить поправки, учитывающие местные аномалии силы тяжести.

Изучать периодичность лунно-солнечных приливов твердой Земли начал Ломоносов. Но продолжено это было только спустя два столетия. В программу Международного геофизического года (1957—1958 гг.) вошло комплексное изучение приливов в земной коре и атмосфере. Однако и до сих пор величины изменений гравитационного поля остаются недостаточно изученными (Земля и Вселенная, 1981, № 4, с. 10.—Ред.).

В конце 1763 года Ломоносов подготовил для Академии

наук обобщенный доклад, который посвящался определению «перемен тягости на земном глобусе». В нем он подвел итоги своих экспериментальных работ и высказал некоторые предположения. Доклад был напечатан на русском языке с приложением таблиц наблюдений. Первую часть его Ломоносов прочитал на заседании Академии наук 27 августа 1764 года, за полгода до смерти. По неизвестным причинам вторая часть доклада так и не была прочитана. Текст после смерти ученого остался в его личном архиве, а потом затерялся. Так что о содержании доклада приходится судить лишь по косвенным источникам.

Прошло двести семьдесят пять лет со дня рождения Михаила Васильевича Ломоносова.

За эти годы многократно возросла роль науки в жизни общества и в то же время усилился интерес к работам великих ученых прошлого. Сейчас, спустя почти три столетия, нас поражает глубина замыслов и стремлений Ломоносова в исследовании природных явлений, например в постановке изучения лунно-солнечных вариаций силы тяжести твердой Земли. Однако мы в состоянии правильно оценить и некоторые его теоретические выводы и обобщения, основанные на недостаточном точных экспериментах. Из всей многогранной научной деятельности Ломоносова мы напомнили лишь о нескольких его работах в области гравиметрии и гравитации, которые могут быть интересными для современников.

## Ванадий и медь вокруг вулкана

Известно, что рыхлые продукты вулканических извержений могут быть мощным источником вещества при формировании рудных месторождений. Однако не ясно, в каких именно количествах и каким образом рудные элементы накапливаются, отлагаются и мигрируют в зоны рудообразования. Чтобы ответить на эти вопросы, полезно изучить пространственное распределение рудных элементов в пещлах, выброшенных вулканом. Такую работу проделала Г. С. Шутова (Институт вулканологии ДВНЦ АН СССР), она исследовала пробы пещлов после извержения курильского вулкана Алаид в 1972 году. Два года спустя повторные пробы пещла брались в тех же самых точках.

Специальными геохимическими методами Г. С. Шутовой удалось проследить изменение концентрации ванадия и ме-



ди с удалением от центра извержения. По этим данным она построила карты, которые показали: на фоне убывающей к периферии концентрации выделяется несколько участков с повышенным содержанием ванадия и меди. Такие участки имеют форму линз различного размера и ориентировки. Близ центра извержения, где столб выброшенного пещла был вертикальным, линзы мелкие, размером в 0,5—0,7 км, в них самое высокое содержание ванадия и меди. К периферии извержения, фактически уже под горизонтальным потоком пещла, линзы встречаются реже, но размер их больше — 0,7—1,5 км. Они беднее ванадием и медью и ориентированы по общему направлению переноса пещлов, что говорит о турбулентном

характере движения пещлового потока.

По-видимому, механизм распределения рудных элементов вокруг вулкана связан с последовательными изменениями физических свойств эруптивного облака, возникшего над вулканом как самостоятельное физическое тело.

Вулканология, 1986, 3

## Древнейшая нефть

Во время разведочного бурения в пределах бассейна Мак-Артур (Северная территория Австралии) было обнаружено месторождение нефти. Обследовав одну из скважин, специалисты Австралийского бюро минеральных ресурсов установили: поступающая из нее нефть, скорее всего, — древнейшая в мире. Глубина ее залегания — 345 м, возраст пород на этой глубине составляет 1,5 млрд. лет.

Episodes, 1985, 8, 4



# XIX Генеральная ассамблея МАС



Деятельность этого представительного форума астрономов была чрезвычайно многообразной. Большой интерес, в частности, вызвала работа комиссии 16 «Физическое изучение планет и спутников». Публикуемые ниже статьи В. Г. Тейфеля и О. Н. Ржиги познакомят наших читателей с обсуждавшимися там проблемами.

Доктор физико-математических наук  
В. Г. ТЕЙФЕЛЬ

## Планетные исследования

Очередная ассамблея Международного астрономического союза (МАС) проходила в ноябре 1985 года в Дели. В прекрасном оборудованном здании Вигьян Бхаван, предназначенном для больших собраний, недалеко от знаменитых «Ворот Индии», собралось около полутора тысяч астрономов из многих стран мира. Ноябрь в Индии — один из лучших месяцев. На протяжении всего времени работы ассамблеи стояла прекрасная безоблачная погода, а температура не превышала 27° С.

На открытии ассамблеи с приветственной речью выступил премьер-министр Индии Раджив Ганди. Он отметил, что астрономия в Индии имеет давние традиции и развитию этой области знания, как и развитию науки в целом, уделяется в стране большое внимание, о чем говорит хотя бы такой факт: в работе ассамблеи приняло участие около трехсот индийских астрономов. Эмблемой XIX Генеральной ассамблеи стало стилизованное изображение старинной обсерватории Джантар Мантар, находящейся в центре Дели и неизменно собирающей множество посетителей.

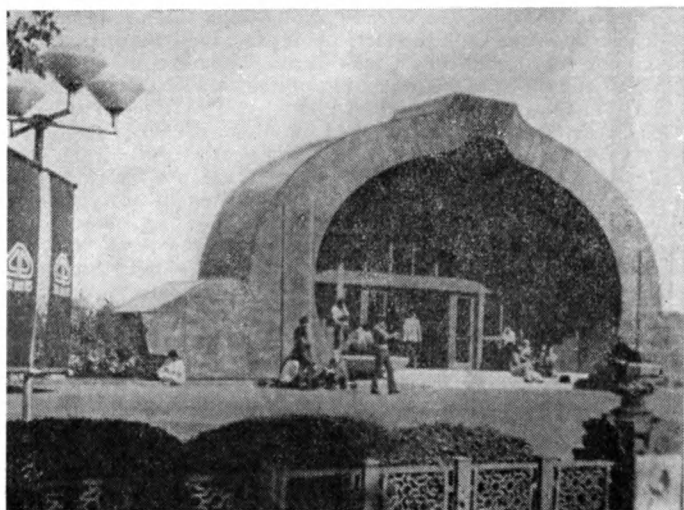
Председатель национально-го оргкомитета ассамблеи профессор М. Менон напомнил, что первые наблюдения гелия на Солнце были сделаны именно в Индии. Рассказывая о перспективах развития индийской астрономии, он упомянул о гигантском радиотелескопе, который должен быть построен до 1990 года.

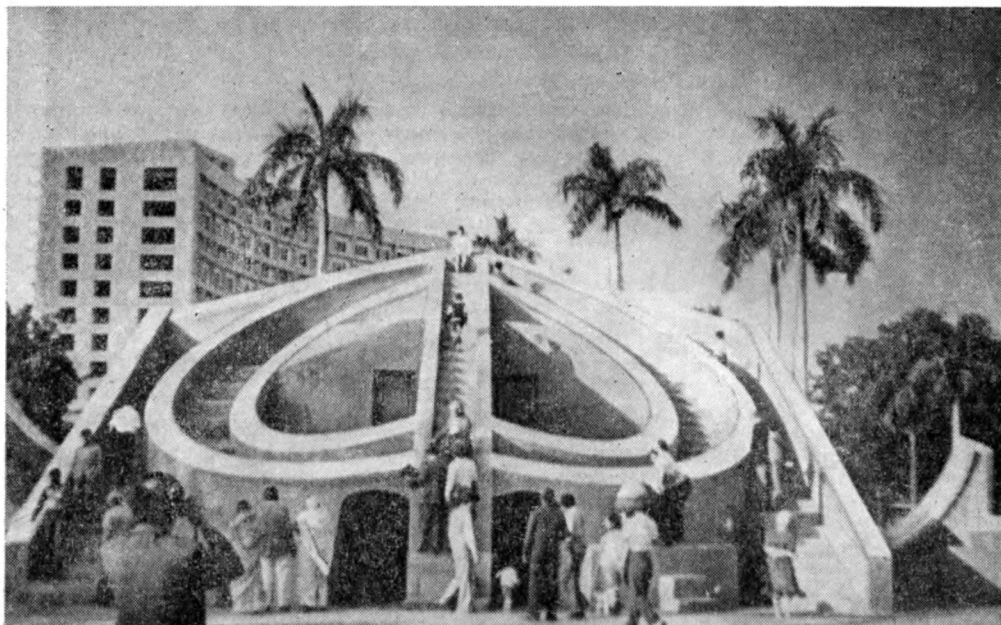
В короткой статье невозможно рассказать обо всем, что обсуждалось на ассамблее. Остановимся лишь на работе комиссии 16 «Физическое изучение планет и спутников». Научные сессии ее проходили под общим названием «Переменные явления в Солнечной системе». Исследования изменений в атмосферах и на поверхности планет и некоторых спутников стали сейчас, пожалуй, важнейшими задачами наземной планетной астрофизики. Действительно, пока лишь наземные наблюдения могут выполняться достаточно систематически и почти непрерывно в течение длительного времени. Поэтому выявление и изучение долгопериодических процессов и медленных изменений на планетах, поиски их связи с сол-

нечной активностью и другими внешними факторами по-прежнему будут требовать организации и проведения регулярных наземных наблюдений. Такие наблюдения, естественно, необходимо сочетать с более детальными космическими исследованиями планет.

Несколько докладов на сессии комиссии 16 МАС было посвящено исследованиям поверхности планеты Венеры. Большой интерес вызвали радиолокационные изображения венерианского рельефа, полученные советскими космическими аппаратами «Венера-15 и -16». Доктор физико-математических наук О. Н. Ржига

Главный вход здания  
Вигьян Бхаван





Обсерватория Джантар Мантар в центре Дели, изображение которой стало эмблемой ассамблеи

(СССР) рассказал о морфологическом анализе рельефа поверхности Венеры.

В 1988 году НАСА планирует запуск к Венере нового космического аппарата, который обеспечит радиолокационное картографирование 96% поверхности планеты в области широт от  $-67^\circ$  до  $+90^\circ$ , а также измерит гравитационное поле Венеры, чтобы выявить мелкомасштабные гравитационные неоднородности.

В докладе американского ученого Ш. Кумара обсуждался вопрос о диссипации водорода и дейтерия из атмосферы Венеры. Дейтерий открыли с помощью масс-спектрометров, установленных на атмосферных зондах космического аппарата «Пионер-Венера», по присутствию молекул HDO. В ионосфере масс-спектрометром орбитального аппарата обнаружили ионизованный дейтерий. Отношение дейтерия к водороду в отличие от характерной

для Земли величины, равной 0,01%, для Венеры оказалось огромным — около 2%.

Поскольку дейтерий диссипирует из атмосферы медленнее, чем более легкий водород, по его количеству можно судить о том, сколько воды существовало на планете в прошлом, так как большая часть водорода и дейтерия на планетах земного типа сосредоточена именно в воде. Имеющиеся данные позволяют предположить, что в минувшие периоды геологической истории Венеры воды на ней было в 100 раз больше, чем в настоящее время.

Р. Вест (США) представил доклад о вертикальной структуре облачного покрова Юпитера. Отмечены существенные различия в прозрачности облаков для видимого излучения и теплового инфракрасного излучения на длине волны 5 мкм. Для того, чтобы согласовать результаты, полученные из наблюдений отраженного солнечного излучения и собственного теплового излучения Юпитера, автор предложил модель с двумя различными типами облаков. Согласно модели, основную непрозрачность облачного

покрова в тепловой области спектра обуславливают крупные (с радиусом от единиц до сотни мкм) частицы аммиачного льда, лежащие в нижней части аммиачного облачного слоя на уровне с давлением около 700 мбар. Этот облачный слой имеет переменную плотность в разных районах планеты. Плотность может меняться и со временем. Наблюдаемые на длине волны 5 мкм «горячие» пятна на диске Юпитера связаны, по-видимому, с просветами в данном слое. Над ним располагается протяженная диффузная дымка, которая состоит из более мелких частиц с радиусом в среднем около 1 мкм и простирается до уровня с давлением около 300 мбар. В видимых лучах, а также в ближней инфракрасной области спектра мы наблюдаем именно этот слой дымки. У экватора, как и в Красном Пятне, дымка поднимается выше. В околополярных областях существует еще и стратосферный аэрозольный слой, его толщина увеличивается с приближением к полюсам планеты.

На больших глубинах атмосферы возможно существова-

ние еще одного облачного слоя, состоящего предположительно из гидросульфида аммония и расположенного на уровне с давлением около 2 бар. Признаков более глубокого водяного облачного слоя не найдено. В докладе Р. Веста отмечалось, что приводимые результаты хорошо согласуются с исследованиями молекулярного поглощения на Юпитере и фотометрическими наблюдениями, проводившимися ранее в Астрофизическом институте АН КазССР.

Автор данной статьи рассказал присутствующим о результатах спектрофотометрии и спектрополяриметрии полярных областей Юпитера. Результаты наблюдений свидетельствуют о существовании в высокоширотных поясах планеты стратосферной аэрозольной дымки. В частности, одним из важных факторов, указывающих на присутствие достаточно высоко расположенного над полярными областями аэрозольного слоя, является слабая зависимость потемнения к краю у полюсов Юпитера от длины волны. Для низкоширотных поясов наблюдается довольно заметное уменьшение потемнения с переходом от красных лучей к ультрафиолетовым. Другим важным фактом надо считать аномальное увеличение степени поляризации отраженного излучения к полюсам Юпитера. Об этих же особенностях полярных областей Юпитера, отмеченных при поляриметрических измерениях с космического аппарата «Пионер», говорил американский ученый Т. Герелс.

Д. Моррисон (США) представил в своем докладе результаты последних наземных наблюдений вулканической активности на спутнике Юпитера Ио. Результаты получены по измерениям инфракрасного теплового излучения. Наиболее легко обнаруживаются эмиссии от областей с температурой 250—300 К, так называемых «горячих» пятен на поверхности Ио. Большая часть тепловой энергии поступает именно от этих областей, а не от самих вулканических выбросов, которые были зафиксированы на



Архитектурный памятник Тадж-Махал в Агре

Ио во время пролета космического аппарата «Вояджер». Главный же источник тепла связан с областью Локи. Это была наиболее «горячая» область в 1979 году, обнаруженная «Вояджером». Общее число сравнительно «горячих» пятен на Ио невелико — скорее всего от 3 до 10. Хотя небольшие изменения температуры и происходят, в общем такие области теплового излучения, по-видимому, довольно стабильны, по крайней мере в пределах десятилетия: Пока остается невыясненным вклад полярных областей в тепловое излучение Ио — не известно, есть ли и там «горячие» пятна. В зависимости от их распределения полная энергия теплового излучения Ио может составлять от  $5 \cdot 10^{13}$  до  $10^{14}$  Вт.

Французские исследователи Р. Фоа и Д. Боннэ сообщили о первых измерениях диаметров больших спутников Урана и Нептуна, выполненных методом спекл-интерферометрии (Земля и Вселенная, 1980, № 2, с. 32.—Ред.) на телескопе с диаметром 3,6 м. По их оценкам диаметры спутников таковы: Ариэль — 1225, Умбриэль — 1025, Титания и Оберон — 1560 и Тритон — 2075 км при средней погрешности результатов 45—55 км. Расхождения с оценками, полученными

ми другими методами, оказались небольшими, за исключением Тритона, для которого диаметр получился примерно на 300 км больше, чем давали предыдущие исследования (Земля и Вселенная, 1984, № 4, с. 26.—Ред.).

С интересом выслушали участники научной сессии информацию М. Дэвиса (США) о перспективах исследования Урана с космического аппарата «Вояджер-2», намеченных с учетом того, что из-за неполадок со сканирующей платформой возможности ее перемещения в период сближения с Ураном будут ограничены. Сейчас мы уже располагаем результатами этого эксперимента, успешно проведенного в январе 1986 года. Однако анализ результатов потребует довольно значительного времени.

Доклады, представленные на комиссии 16, естественно, не в состоянии охватить всех достижений и направлений планетной астрофизики за последние годы.

Обсуждение вопросов, связанных с изучением переменных явлений в Солнечной системе, завершилось принятием резолюции, в которой предлагается создать в рамках комиссии 16 МАС специальную рабочую группу по координации наземных и космических наблюдений переменных явлений на поверхности и в атмо-

сферах планет и их спутников. Такие наблюдения должны быть регулярными и служить, в частности, основанием для планирования будущих космических миссий.

По традиции для участников астрономических съездов читаются две-три лекции по наиболее актуальным проблемам астрономии и астрофизики. Советские исследования Венеры неизменно привлекают внимание широкой астрономической общественности. Поэтому в числе обзорных сообщений на XIX Генеральной ассамблее МАС был представлен доклад академика АН СССР Р. З. Сагдеева о Венере, прочитанный доктором физико-математических наук А. Г. Масевич. Подробное изложение доклада

было опубликовано в выпускавшейся ежедневно на протяжении всей работы ассамблеи газете «Mandakini» («Млечный Путь»).

Индийские ученые сделали все возможное, чтобы у участников и гостей ассамблеи МАС остались самые лучшие впечатления о днях, проведенных в Индии. Были организованы приемы, концерты, поездки по Дели с посещением наиболее интересных памятников истории и архитектуры — мемориала Ганди, минарета Кутаб, вблизи которого находится знаменитая «нержавеющая» железная колонна, а также Красного Форта, где вечером при лунном свете было устроено «представление звука и света». И наконец, культурная

программа завершилась поездкой в Агру (в 200 км от Дели), где ученые посетили одно из самых впечатляющих произведений архитектуры — Тадж-Махал.

Хорошо работала информационная служба: все необходимые данные об участниках ассамблеи, о членах МАС, о составе комиссий были зафиксированы в памяти мини-компьютера, так что в любое время можно было получить нужную справку. Также быстро выполнялись и заказы на ксерокопии интересующих материалов.

Индийское почтовое ведомство выпустило специальную марку, посвященную Генеральной ассамблее МАС.

## 160-минутные пульсации в ионосфере Земли

После того, как в 1973 году в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР были открыты 160-минутные глобальные пульсации Солнца, ученых заинтересовал вопрос, не влияют ли такие пульсации на проявления солнечно-земных связей. Результаты исследований показали: магнитосфера Земли также подвержена колебаниям с периодом в 160 минут (Земля и Вселенная, 1982, № 6, с. 16.— *Ред.*).

Недавно советские ученые завершили еще один этап подобных исследований. В Крымской астрофизической обсерватории АН СССР В. П. Бобова, Б. М. Владимирский и М. И. Пудовкин проанализировали большой массив 2,5-минутных значений геомагнитного АЕ-индекса, полученных за период с 1966 по 1974 годы. АЕ-индекс представляет собой полный диапазон отклонений (как положительных, так и отрицательных) от спокойного

уровня геомагнитного поля. Поведение АЕ-индекса существенно зависит от параметров солнечного ветра и межпланетного магнитного поля. Измерения АЕ-индекса обычно проводятся на высоких широтах ( $55^{\circ}$ — $78^{\circ}$  с. ш.), то есть в зонах, где наиболее часто наблюдаются полярные сияния.

В результате исследований ученые обнаружили: изменения, происходящие в ионосфере на высоких широтах, коррелируют с солнечными пульсациями и имеют период 160 минут. Эффект надежно выявляется в летний сезон, в полярную ночь он отсутствует. Этот факт исключает предположение, что источником вариаций могут быть колебания магнитосферного шлейфа Земли, которые реги-

стрируются преимущественно с ночной стороны. 160-минутные вариации геомагнитного АЕ-индекса наблюдаются только у освещенной ионосферы и отсутствуют в полярную ночь; можно предположить, что причиной этого эффекта является Солнце. Фаза колебаний АЕ-индекса зависит от электронной концентрации в Е-слое ионосферы.

Обнаруженные вариации АЕ-индекса ученые объясняют колебаниями потока ультрафиолетового излучения Солнца с  $\lambda=1000$  А. Амплитуда этих колебаний порядка 1 %.

Таким образом, дальнейшие исследования показали, что 160-минутные глобальные пульсации Солнца обнаруживаются и в изменении электронной концентрации в Е-слое ионосферы.

Известия Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, 1985, т. 71, с. 19





## Советская карта Венеры

Как известно, во второй половине ноября 1985 года в столице Индии Дели проходила XIX Генеральная ассамблея МАС. Советскую делегацию на этом представительном форуме возглавлял академик АН УССР Я. С. Яцкив.

Заседания комиссий ассамблеи проводились в Доме Науки (Вигьян Бхаван), расположенном в современной части города — Нью-Дели. 25 ноября утреннее заседание комиссии 16 (председатель — советский астрофизик В. Г. Тейфель) посвящалось новейшим результатам в исследовании поверхности планеты Венера. Мною был прочитан доклад «Радиолокационное картографирование поверхности Венеры с космических аппаратов „Венера-15“ и „Венера-16“».

Возник вопрос: можно ли уточнить период вращения Венеры и ориентацию оси ее вращения по данным с космических аппаратов. Анализ двух изображений одного и того же района поверхности Венеры, полученных с интервалом в 8 месяцев, за который планета совершила под орбитой полный оборот, дает принципиальную возможность такого уточнения. Однако взаимная ориентация плоскостей стационарных орбит, служащих базой при таких измерениях, должна быть известна очень хорошо — точнее 1 угловой минуты.

Вспынула дискуссия относительно происхождения кратера Клеопатра, расположенного на склоне Гор Максвелла — к востоку от высочайшей области Венеры (Земля и Вселенная, 1986, № 1, с. 13.—Ред.). Как показали промеры высоты, выполненные с космического аппарата «Венера-16», по своему строению и размерам Клео-

патра напоминает двухкольцевые кратеры ударного происхождения, встречающиеся на Луне. Если и кратер Клеопатра образовался на месте падения метеорита, то невольно возникает вопрос: кто же целился в высочайшую точку Венеры и немного промахнулся? Ведь на тысячи километров от Клеопатры нет ничего подобного этому образованию! Мнения специалистов об ударном или вулканическом происхождении кратера расходятся и по сей день.

Слушателей интересовали вопросы совместной работы двух космических аппаратов, впервые функционировавших как одна космическая система. Плоскости их орбит были смещены по долготе примерно на 5°. Поэтому имелась возможность при необходимости повторить съемку определенной области. Орбиты космических аппаратов не оставались неизменными на протяжении 8 месяцев, в течение которых велась регулярная съемка Венеры. Под влиянием солнечного тяготения высота аппаратов в перигентре постепенно росла, и орбиты приходилось корректировать, чтобы восстановить условия для нормальной съемки. В период коррекции съемка становилась невозможной, и приходилось использовать второй аппарат. Кроме того, в середине июня 1984 года, когда Венера, находясь в верхнем соединении, проходила за Солнцем, связь с аппаратами прекратилась на 2 недели. Чтобы снять пропущенную в этот период область, плоскость орбиты космического аппарата «Венера-16» была повернута назад на угол 20°. Второй аппарат, «Венера-15», в то же самое время продолжал вести регулярную съемку. Слаженная

работа двух космических аппаратов и позволила осуществить практически без пропусков детальную съемку северного полушария Венеры от полюса до широты 30° (Земля и Вселенная, 1985, № 3, с. 2.—Ред.).

По инициативе вице-президента АН СССР академика В. А. Котельникова на Генеральной ассамблее была устроена выставка фотокарт поверхности Венеры, подготовленных Институтом радиотехники и электроники АН СССР и Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии ГУГК. 26 ноября 1985 года газета «Mandakini», освещавшая работу Генеральной ассамблеи МАС, опубликовала изображения Гор Максвелла и Плато Лакшми. А семь фотокарт Венеры были переданы в дар Индийской академии наук.

На Генеральной ассамблее в Нью-Дели демонстрировался также выставочный стенд, привезенный из Советского Союза, с изображением Гор Максвелла. Размер изображения — 3×3,5 м. По окончании работы Генеральной ассамблеи стенд передали планетарию имени Дж. Неру в Дели.

Второй доклад, посвященный совместному анализу данных о высоте, коэффициенте отражения, шероховатости и температуре поверхности Венеры (результаты получены в 1978—1980 годах американским космическим аппаратом «Пионер-Венера»), был прочитан Г. Пентенгилом (Массачусетский технологический институт, США). Он привел статистические оценки свойств поверхности Венеры в местах посадки спускаемых аппаратов «Вега-1» и «Вега-2» (середина 1985 г.). Используя многоэлементный радиотелескоп VLA, состоящий из 27 ан-





Участники XIX Генеральной ассамблеи МАС перед началом заседаний

тени с диаметром зеркала 25 м, Петенгил смог получить с Земли распределение по диску планеты яркостной температуры собственного радиоизлучения Венеры, причем с достаточно высоким разрешением. Эти наблюдения подтвердили пока еще загадочное падение яркостной температуры в горных районах Венеры, обнаруженное по данным «Пионер-Венеры» и «Венеры-15 и -16» (Земля и Вселенная, 1986, № 1, с. 3.— Ред.).

Г. Петенгил представил также для утверждения на Генеральной ассамблее новую номенклатуру планет и спутников, разработанную под руководством Г. Мазурского (Геологическая служба США) — председателя Рабочей группы по номенклатуре планетной системы. Новая номенклатура деталей поверхности Венеры, содержащая свыше 250 наименований, нужна для карт, которые издаются сейчас в СССР. В подготовке такой номенклатуры принимали участие советские специалисты (А. Базилевский, Г. Бурба, М. Маров, Ю. Тюфлин и др.). В номенклатуре широко представлены русские женские имена, имена, принятые у народов СССР и народов социалистических стран. На картах Венеры мы встретим и фамилии известных женщин — уче-

ных, поэтесс, актрис, общественных деятелей.

Одновременно с заседаниями Генеральной ассамблеи в ИРЭ АН СССР шла работа по созданию фотопланов, фотокарт и топографических карт для атласа Венеры. К концу 1985 года из материалов 27 районов, попавших в зону съемки с космических аппаратов «Венера-15» и «Венера-16», материалы 20 районов уже прошли соответствующую обработку. Две фотокарты готовились к изданию на предприятиях ГУГК. И здесь возникли определенные трудности, поскольку фотокарты Венеры — продукция совершенно нового типа.

Обычные карты — физические, геологические, политические — печатаются насыщенными цветовыми тонами, обра-

зующими, как правило, контрастные сочетания. При издании фотокарт оттенки изображения можно передать только одним способом — через степень насыщенности одного цвета, руководствуясь исходной шкалой оттенков. Это оказалась непростой задачей.

Для передачи оттенков изображения предлагалось использовать псевдоцвет, когда каждому оттенку соответствует свой цвет некоторой цветовой гаммы. Внешне такая карта напоминала бы карту высот, построенную в 1980 году американскими учеными по данным измерений радиовысотомера космического аппарата «Пионер-Венера». На американской карте цветом переданы высоты. Самые низкие места, соответствующие земным морям и океанам, изображены синим и голубым. Равнины, занимающие среднее положение на шкале высот, — зеленым. Возвышенности и горные районы — желтым и коричневым. Самые же высокие области, такие, как Горы Максвелла, — красным. Однако при передаче традиционными цветовыми

В кулуарах ассамблеи.

Слева направо:

А. В. Тутуков (СССР),

С. Шукри (Индия),

Е. ван ден Хойвел

(Голландия),

С. Радхакришнан (Индия)



**Советские участники ассамблеи — доктора физико-математических наук В. Г. Тейфель и А. Г. Масевич**

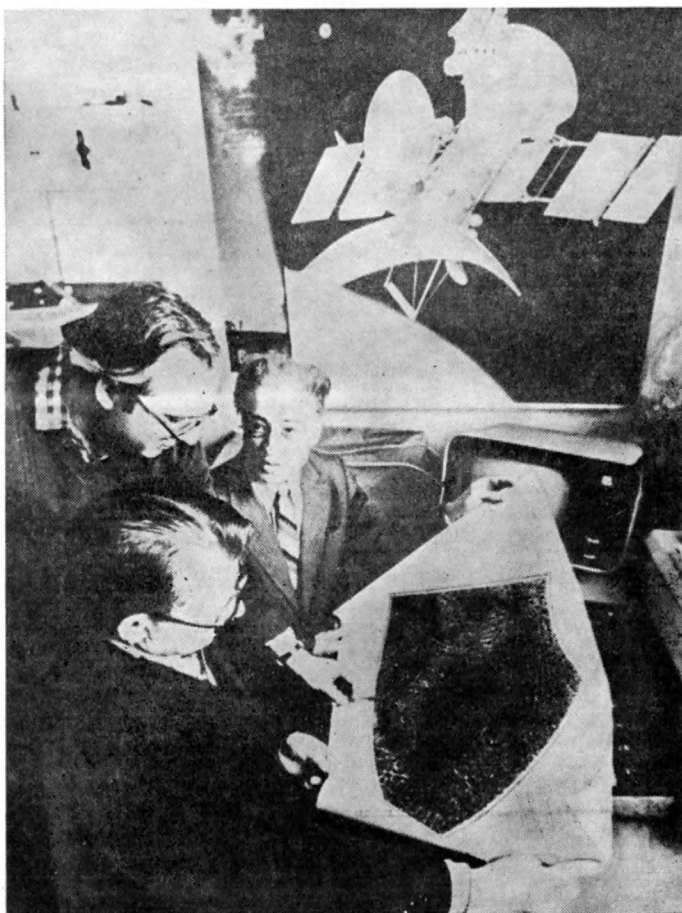
оттенками поверхность Венеры выглядела бы странно. Столь же странно, как и изображение человеческого лица на паспортной фотографии, переданное в псевдоцвете!

После ряда опытов для изображения поверхности Венеры был выбран оранжево-коричневый цвет. И это не случайно. На панорамах поверхности Венеры, переданных в 1982 году спускаемыми аппаратами «Венера-13» и «Венера-14», преобладает оранжево-коричневый цвет. Оказалось — таков спектральный состав солнечного излучения, прошедшего через очень плотную венерианскую атмосферу. В силу этого на поверхности Венеры нет больших цветовых контрастов. Сами породы, слагающие поверхность планеты, как бы «бесцветно-серые». Цвет карт — именно такой, какой бы мы увидели, окажись на поверхности Венеры под облачным слоем.

Качество воспроизведения деталей поверхности на карте определяется негативом, который используется для изготов-

**Получен первый пробный типографский оттиск карты Венеры. Его рассматривают участники эксперимента по радиолокационному картографированию поверхности «Утренней звезды» с космических аппаратов «Венера-15» и «Венера-16»: (справа налево) научный руководитель эксперимента, лауреат Ленинской премии, доктор физико-математических наук О. Н. Ржига; лауреат Ленинской премии, кандидат технических наук А. И. Сидоренко и научный сотрудник ИРЭ А. А. Крымов (стоит)**

Фото А. П. Тимошенко



ления печатной матрицы. Скажем, изображения горных районов, отличающиеся большим перепадом яркости, контрастная фотопленка воспроизводит хорошо. В то же время для передачи изображений равнинных районов, где преобладают малые контрасты, больше подходит мягкая фотопленка. Поэтому остановились на комбинировании двух негативов. Один из них делается на контрастной пленке и воспроизводит изображения горных районов, второй — на малоконтрастной пленке воспроизводит равнинные области между ними.

Для первых карт Венеры были выбраны Плато Лакшми (лист 4) и Тессера Фортуны с Горами Максвелла (лист 5), все вместе составляющие Землю Иштар. На этой территории — кратеры, носящие имена Екатерины Дашковой, Анны Ахматовой, Полины Осипенко, Эжени Коттон.

Непростым делом оказалась и технология нанесения надписей. При использовании темной краски буквы сливаются с изображением горных районов.

Если же их оставлять белыми (метод «выворотки»), то они теряются в светлых местах. Чтобы читаемость букв была одинаково хорошей как в первом, так и во втором случае, их элементы отпечатаны со светлыми тенями.

Результаты радиолокационной съемки Венеры с космических аппаратов «Венера-15» и «Венера-16» вызвали огромный интерес не только в Советском Союзе. Готовясь к повторению радиолокационных исследований Венеры с орбиты ее искусственного спутника (проект VRM), американские ученые обратились к Академии наук СССР с просьбой передать материалы уже проведенной радиолокационной съемки в обмен на результаты исследований с аппарата VRM, намеченных на 1988 год. В соответствии с достигнутой договоренностью в октябре 1985 года была начата передача магнитных лент с записью изображений и профилей высот поверхности Венеры. Мы надеемся, что это будет способствовать развитию научного сотрудничества между двумя странами.

Совершенно новая информация, полученная при радиолокационной съемке Венеры с космических аппаратов «Венера-15» и «Венера-16», огромный ее объем — все это окажет, несомненно, самое серьезное влияние на развитие наук о Земле: геологию, геохимию, геофизику. Как сказал академик Р. З. Сагдеев в статье, опубликованной в газете «Правда» 8 марта 1986 года, «фактически в истории космических исследований только единичные эксперименты приводили к столь резкому количественному увеличению и качественному улучшению фундаментальных знаний о происхождении и эволюции планет Солнечной системы».

И вполне закономерное удвоение вызывает тот факт, что в 1986 году работа «Радиолокационная съемка поверхности планеты Венера с космических аппаратов „Венера-15“ и „Венера-16“» была удостоена высокой награды — Ленинской премии.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Каталог кометных орбит

Вышел в свет «Статистический каталог параметров орбит долгопериодических комет в лапласовой системе координат» В. В. Радзиевского и В. П. Томанова.

Каталог содержит элементы орбит 589 почти параболических комет с периодами более 200 лет в двух системах координат — лапласовой и галактической. В нем приведена обширная информация о каждой из комет. В известном каталоге Б. Марсдена (1982 г.) дается 13—15 параметров для каждой кометы; в каталоге В. В. Радзиевского и В. П. Томанова их уже 27—29, причем с точностью на порядок бо-

лее высокой, чем в таблицах Марсдена. Следует отметить, что для рассмотрения космогонических задач координатная плоскость Лапласа предпочтительнее принятой Марсденом плоскости эклиптики.

Каталог выполнен в виде сброшюрованных карточек с подробным описанием и инструкцией к ним. Параметры орбит пронумерованы по оригинальной системе, весьма облегчающей использование каталога для работ по кометной статистике (на каждой стороне карточки содержатся все данные по одной комете). Для удобства статистических выборок на каждую комету надо иметь отдельную карточку, поэтому целесообразно приобрести два экземпляра каталога.

Каталогом могут пользоваться не только астрономы-профессионалы, но и любители. Надо сказать, что в по-

следние годы интерес к кометам резко возрос. Выдвинуто много разрозненных гипотез о происхождении комет, эволюции их орбит. Предстоит большая работа по изучению и проверке гипотез с привлечением всего имеющегося наблюдательного материала. Каталог В. В. Радзиевского и В. П. Томанова окажет специалистам значительную помощь, и его выход в свет весьма своевременен.

Каталог издан Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом при АН СССР, его объем — 6 печатных листов, стоимость — 1 руб.

Заказы следует направлять по адресу: 103001, Москва, К-1, Садовая-Кудринская ул., д. 24, Центральный совет ВАГО.

Доктор физико-математических наук  
М. С. ЖДАНОВ  
Кандидат технических наук  
О. А. КОВАЛЕНКО  
Кандидат физико-математических наук  
С. М. КОРОТАЕВ



## Малым кораблям — большое плавание

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ  
ЗОНДИРОВАНИЕ:  
«ЗА» И «ПРОТИВ»

Прогресс фундаментальной геологии немислим без геофизических исследований Мирового океана. На них выделяется все больше средств, научный флот ежегодно пополняется новыми крупнотоннажными судами, позволяющими вести разнообразные геофизические измерения. И несмотря даже на очевидные трудности морских геофизических исследований, некоторые методы «в морском варианте», например геотермия, дали больше полезной информации, чем их сухопутные прототипы.

На фоне этого особенно заметно отставание морских электромагнитных исследований. А ведь методы зондирования Земли, основанные на измерениях естественного электромагнитного поля, дают возможность проникать на максимальные глубины (в этом смысле они успешно конкурируют с сейсмологическими методами) и получать уникальную информацию. Основным изучаемый этими методами параметр, электропроводимость — чувствительный индикатор физического состояния вещества в недрах Земли. На суше с помощью электромагнитных методов решено мно-

жество разнообразных задач — от поиска полезных ископаемых до вопросов общего строения Земли.

Особенность данных методов в том, что приходится выполнять на морском дне весьма длительные измерения, причем измерения очень слабых вариаций электрического и магнитного поля. Измерительные установки, как правило, громоздки, к тому же их необходимо делать из слабомагнитных и диэлектрически нейтральных материалов. Вот и получается, что электромагнитных зондирований в море на сегодня можно насчитать буквально единицы. Но даже эти немногочисленные исследования помогли лучше понять глубинное строение океанского дна.

Сейчас есть два пути утверждения электромагнитных методов в океанских исследованиях. Первый и самый перспективный — создать соответствующую автономную аппаратуру, которая бы размещалась на морском дне. Работа в таком направлении интенсивно ведется, но пока во всем мире есть лишь считанные экземпляры подобной аппаратуры.

Второй путь заключается в использовании более простой неавтономной аппаратуры, она может размещаться частично на борту судна. И тогда судно длительное время (десять суток и более) должно стоять в

одной точке, вблизи которой на дне моря или в водной толще установлена система датчиков. Это простое на первый взгляд требование сразу наталкивается на трудности. Во-первых, любое судно создает значительные магнитное и электрическое поля. И если магнитное поле еще можно ослабить, то электрическое практически неустранимо. Энергетические установки, обеспечивающие жизнедеятельность судна, создают дополнительный интенсивный электромагнитный шум. А кроме всего этого, длительные стоянки крупного научного судна (имеющего, как правило, напряженную и разнообразную программу исследований) слишком дорого стоят.

Так что же? Отказываться от проведения электромагнитных исследований до производства автономной аппаратуры? Выход был найден неожиданно.

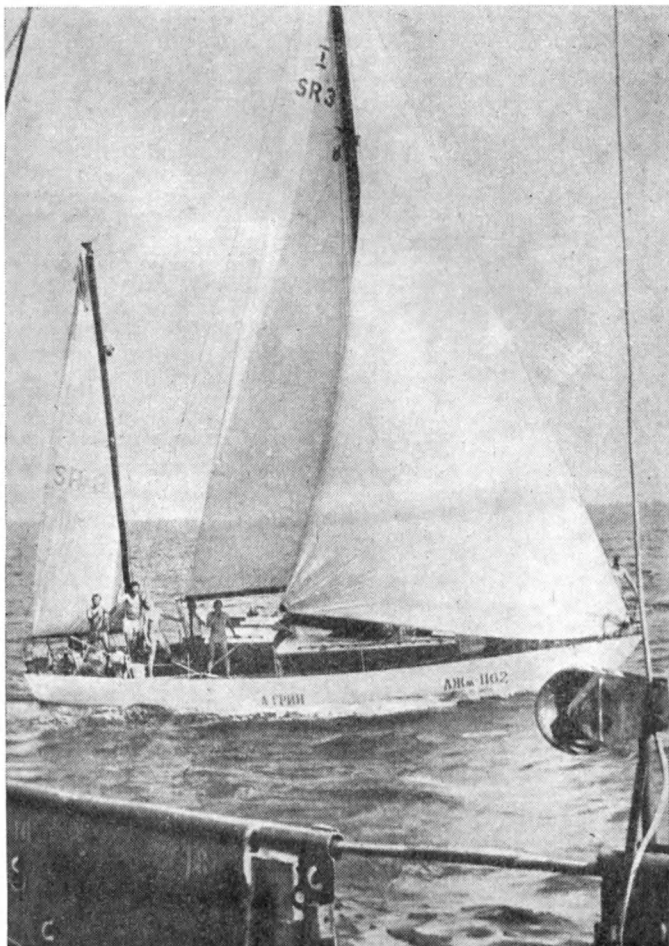
### СКОРЛУПКА ВО ВЛАСТИ МОРЯ

В конце 1980 года группа московских яхтсменов во главе с Л. Н. Лесневским обратилась в Институт земного магнетизма и распространения радиоволн АН СССР (ИЗМИРАН) с предложением использовать крейсерские парусные яхты для морских электромагнитных исследова-

ний. Предложение в институте встретили с интересом. И в самом деле, яхта обладает маломагнитным и диэлектрическим корпусом, не создает электромагнитных шумов. Обслуживается она экипажем из нескольких человек и в эксплуатации неизмеримо дешевле судов традиционного типа. К тому же, несмотря на малые размеры, современная яхта обладает высокими мореходными качествами, которыми, кстати, обладают немногие из обычных судов.

Как раз в это время, по инициативе директора Вычислительного центра СО АН СССР академика А. С. Алексеева, планировалось начать электромагнитные исследования в западной части Черного моря в рамках советско-болгарской комплексной целевой программы «Перспективы нефтегазоносности болгарского шельфа». Решили провести электромагнитные исследования на яхте. Идею эксперимента поддержал академик Ю. М. Пущаровский — заместитель председателя секции геологии, геофизики и геохимии Комиссии по проблемам Мирового океана АН СССР. Яхта «А. Грин», которую предоставил Одесский институт инженеров морского флота, — это двухмачтовое парусное судно водоизмещением 11 т. По обычным меркам — скорлупка во власти моря. Однако на ней вполне разместилась вся научная аппаратура. И в июле 1981 года экспедиция началась.

Цель экспедиции — на основании измерений создать геоэлектрическую модель зоны перехода от континента к глубоководной впадине Черного моря. Поскольку эксперимент такого рода проводился впер-



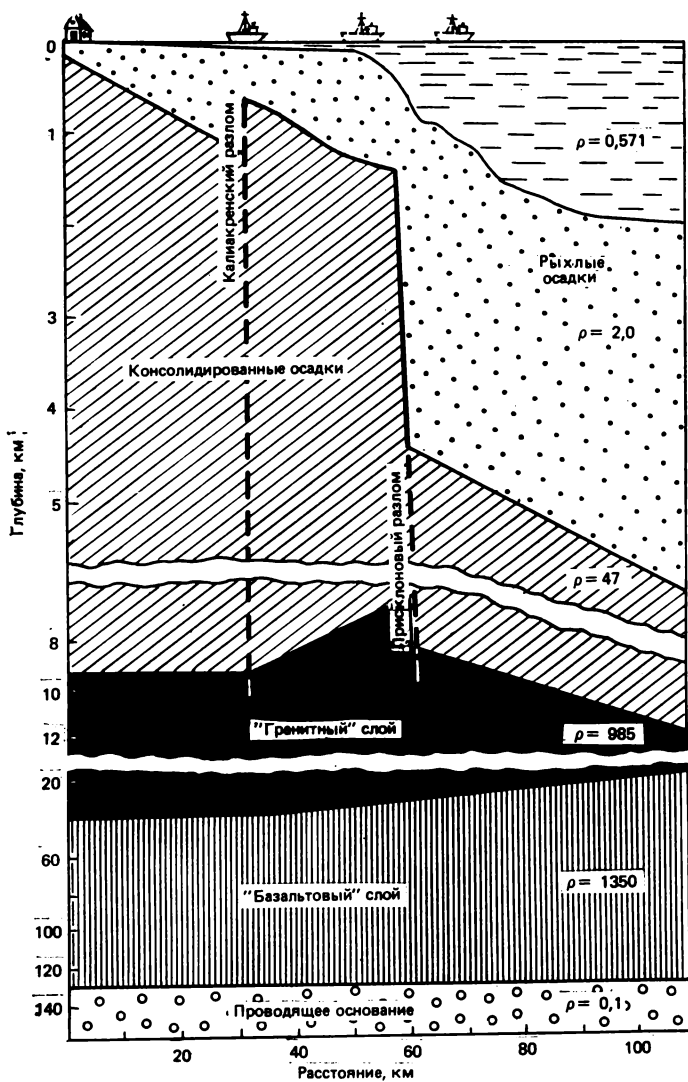
вые, измерения выполняли различными взаимно контролирующими методами. Главный из них — магнитотеллурическое зондирование, основанное на синхронных измерениях вариаций электрического и магнитного полей на дне. Источником полей служат различные процессы, разыгрывающиеся в ионосфере и магнитосфере Земли. Метод давно и успешно используется на суше, но его морской вариант имеет много специфики. Например, помехи, связанные с электромагнитным полем, которое наводится при движении мор-

«А. Грин» — крейсерская яхта Одесского института инженеров морского флота, на которой были начаты систематические глубинные электромагнитные зондирования в море

Фото Ю. М. Абрамова

ской воды в постоянном магнитном поле Земли. В эксперименте реализовали и другой метод — магнитогидродинамическое профилирование, когда используется специфический морской источник электромагнитного поля — поле морских течений.





Геозентрический разрез зоны перехода от континента к глубоководной впадине Черного моря у берегов Болгарии. По удельному сопротивлению пород  $\rho$  можно судить, что мощность рыхлых осадков резко возрастает в сторону глубоководной котловины, а мощность консолидированных осадков и «гранитов» уменьшается. Присклоновый разлом — важнейшее разрывное нарушение в разрезе

измерений начнется шторм? Доводы о всепогодности яхты убеждали мало — одно дело спортивное плавание, и совсем другое — научная экспедиция.

Экспедиция на яхте, действительно, необычна. Хотя бы тем, что из-за малочисленности экипажа (всего 8 человек) у нас не было общепринятого в морских экспедициях разделения на судовую команду и научный персонал. Все научные сотрудники несли обязательные морские вахты, а все члены экипажа участвовали в научных исследованиях. Если на обычном судне в штормовую погоду все прячутся во внутренних помещениях, на яхте, наоборот, — все наверху. Высокая остойчивость яхты влечет за собой сильную качку даже на небольшой волне. Одним словом — работы больше, быт жестче.

Однако все эти трудности не помешали работе. В 1981 году яхта «А. Грин» выполнила два рейса к побережью Болгарии. В первом, хотя погода и не очень благоприятствовала, измерения ни разу не были прерваны. Более того, даже когда по штормовым условиям был закрыт выход из болгарских портов для всех судов, яхта продолжала выходить в море.

Эксперименты проводились примерно по такой схеме. С яхты «А. Грин» в точках наблюдений велась регистрация электрического поля и течения. Магнитное поле измерялось автономными магнитовариационными станциями, они устанавливались в тех же точках с борта научно-исследовательского судна «Евпатория» (ВЦ СО АН СССР), а также магнитовариационной станцией на берегу.

Естественно, что до проведения эксперимента было немало сомнений. Выдержит ли аппаратура в условиях непрерывной качки и высокой влажности? Можно ли с такого малого судна как следует расположить на дне электрометрические линии (установки для измерения электрического поля) — ведь их полная длина достигала 1500 м, а точность ориентации должна быть не хуже 5°? А что, если во время

## ЧТО ДАЛ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ?

После обработки наблюдений сотрудники отдела глубинных электромагнитных исследований ИЗМИРАН построили геоэлектрический разрез зоны перехода от континента к глубоководной морской впадине для западной части Черного моря. Земная кора и мантия по величине удельного сопротивления разделяются здесь на пять слоев: рыхлые осадочные породы, консолидированные осадочные породы, кристаллический фундамент земной коры, верхняя мантия и высокопроводящее (а следовательно, сильно разогретое) основание.

Такого рода геоэлектрический разрез зоны перехода построен лишь второй раз в мировой практике, что само по себе, конечно, важный методический результат. В разрезе проявились также неизвестные ранее черты строения этой зоны Черного моря, например крупный сброс с опущенным мористым крылом. Здесь на основе сейсмических данных уже обнаружили Присклоновый разлом, но только электромагнитные исследования показали, что разлом этот — важнейшая структура зоны перехода. Глубина залегания проводящего основания также стала первой подобной оценкой для акватории Черного моря. Достоверности геоэлектрического разреза уже проверена впервые проведенным в НРБ морским бурением, выполнили его в одной из точек, где работала экспедиция на «А. Грине».

В 1982 году исследования на яхте продолжили в юго-западной части Черного моря.

Программа исследований была расширена: кроме магнитотеллурического зондирования и магнитогидродинамического профилирования, опробовали новый метод — электровариационное профилирование. Суть его — в измерении трех взаимно перпендикулярных составляющих электрического поля. Дело в том, что индуцированные в море и донных отложениях электрические токи текут практически горизонтально, если на их пути не встречается изолятор, например сброс в слабопроводящем слое. В этих случаях можно определить простирающие изолирующей геологической неоднородности. Наблюдения с борта «А. Грина» показали: один из главных разломов западной части Черного моря (Калиакренский) простирается значительно дальше на юг, чем следовало из тектонических построений.

Глубинные электромагнитные зондирования, выполненные на яхте «А. Грин» в 1981—1982 годах, не только уточнили строение зоны перехода Черного моря. Они дали дополнительные сведения о том, как образовалась черноморская котловина. Сброс большой амплитуды на материковом склоне западной части моря и мощные рыхлые осадки на шельфе юго-западной части моря свидетельствуют: одним из механизмов расширения черноморской котловины было прогрессирующее обрушение коры континентального типа, процесс этот, по-видимому, продолжается и до сих пор. В геологической интерпретации полученных данных активно участвовали наши болгарские коллеги — сотрудники Комитета геологии Болгарии во главе

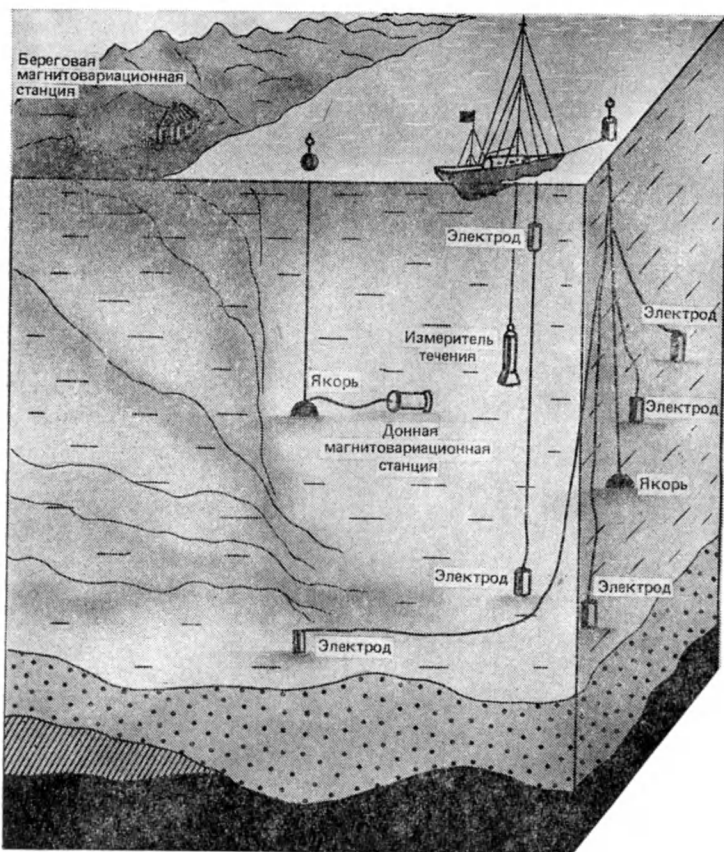
с Х. Й. Дачевым. Так небольшой экспедиции на маленькой яхте удалось сделать то, что многие годы было не под силу традиционным исследованиям на крупных судах.

## НОВАЯ ПЛАВУЧАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Весной 1984 года ИЗМИРАН приобрел собственную яхту «Виктория», предназначенную специально для морских электромагнитных исследований. «Виктория» немного больше «А. Грина» (водоизмещение 15 т), однако рассчитана на еще меньший экипаж (7 человек).

Исследования, проведенные к тому времени на шельфе и материковом склоне Болгарии, выдвинули новые задачи. С борта «Евпатории» болгарские и советские ученые обнаружили геотермическую аномалию над Присклоновым разломом. Обсуждая результаты этих исследований на конференции КАПГ в Софии (1983 год), румынский геофизик С. Величиу и один из авторов данной статьи, исходя из разных соображений, высказали одну и ту же гипотезу: геотермическая аномалия здесь может быть вызвана восходящим потоком подземных вод по Присклоновому разлому.

До недавнего времени считалось, что в толще морского дна, в отличие от суши, не существует потоков подземных вод, которые сказывались бы заметным образом на тепловом потоке через дно. И что это обстоятельство сильно упрощает морские геотермические исследования. Однако открытия последних лет внесли существенные коррективы. Вспомним хотя бы «черных ку-



Размещение аппаратуры при морских электромагнитных зондированиях

продолжили также электромагнитные зондирования на юге болгарского шельфа.

Рейс начался в августе 1984 года с измерений естественного электрического поля в районе Присклонового разлома. Яхта ходила по профилям от берега до подножия материкового склона, буксируя за собой заглубленную электрометрическую линию. (Заглубление было необходимо, чтобы приблизить датчики ко дну, разместить их ниже зоны волнения, создающей большие электрические помехи.) Для повышения достоверности измерений отдельные профили пришлось проходить в прямом и обратном направлении четырехкратно. В этом напряженном и необычном для парусного судна режиме работы «Виктория» показала себя с лучшей стороны. И предполагаемая фильтрационная аномалия электрического поля была обнаружена; ось ее совпадает с осью геотермической аномалии. Проведенные после экспедиции расчеты показали: скорость фильтрации достигает 0,01 мм/с, что по гидрогеологическим масштабам весьма значительная величина. Таким образом, повышенный тепловой поток действительно объясняется подъемом глубинных термальных вод по разлому. Еще одно дополнительное свидетельство, что Присклоновый разлом активен, а упомянутая тектоническая гипотеза о недавних опусканиях земной коры в западной части Черного моря получает косвенное подтверждение.

рильщиков» — своеобразные гейзеры с перегретой и сильно минерализованной водой, которые обнаружены в рифтовых долинах океана. Проблема даже не в самом обнаружении выходов подземных вод (оно сравнительно легко делается по измерениям температуры или солености в придонном слое), а в оценке скорости истечения. Скорость эта весьма мала (кроме редко встречающихся концентрированных источников), и прямым измерениям не поддается. С другой стороны, сейчас обнаружена почти повсеместная разгрузка пресных вод с суши, и не только речными, но и подземными потоками. Эта важная «статья» водного ба-

ланса океана оценивается пока лишь косвенно — экстраполяцией на море гидрогеологических данных, полученных бурением на суше.

Несколько лет назад в ИЗМИРАНе разработали и с успехом применили метод поиска и количественной оценки выхода подземных вод по естественному электрическому полю. Поле генерируется вследствие **фильтрационного эффекта** и достигает вполне измеримых значений даже при очень малых скоростях фильтрации, порядка 0,001 мм/с. Проверка гипотезы о наличии фильтрации по Присклоновому разлому этим методом и поставила одну из задач первого рейса яхты «Виктория». В нем

**«Виктория» — крейсерская яхта  
Института земного  
магнетизма, ионосферы  
и распространения радиоволн  
АН СССР, специально  
предназначенная для морских  
электромагнитных  
исследований**

Фото В. П. Филиппова

**«ВИКТОРИЯ»,  
«СВЕТЛАНА»,  
«СПРЕЙ»...**

Заход «Виктории» в порт Созопол совпал с празднованием 40-летия освобождения Болгарии от фашистов. И тут нам пришлось выступить в несвойственной для научно-исследовательского коллектива роли. Нас пригласили участвовать в однодневной парусной гонке, посвященной национальному празднику. И несмотря на совершенно неспортивный вариант загрузки и оснащения, «Виктория» заняла первое место среди яхт первого класса.

Блестяще подтвердив свои ходовые качества, «Виктория» вновь превратилась в научную заякоренную лабораторию. Началась работа по электромагнитному зондированию. На этот раз в точке зондирования с борта в воду уходило так много проводов, что главной заботой, казалось, было слежение не за регистрирующей аппаратурой, а за всем уходящим в воду «хозяйством». Поскольку при смене ветра или течения все оно слеталось в один невообразимо запутанный клубок. Однако все закончилось благополучно, и измерения всеми тремя методами были успешно выполнены.

Надо сказать, что опыт при-  
менения яхт в морских элект-



ромагнитных исследованиях плава-  
ет яхта «Светлана», при-  
целиком себя оправдал. Разу-  
меется, яхта не может сравни-  
ваться с крупнотоннажным  
научно-исследовательским суд-  
ном. Но для решения опреде-  
ленных задач она незаменима.  
Пройдут годы и для электро-  
магнитных исследований будет  
создана автоматическая аппа-  
ратура. Но время всегда будет  
выдвигать задачи, требующие  
обязательного присутствия экс-  
периментатора.

«Виктория» — не единствен-  
ное судно такого типа, пред-  
назначенное для научных це-  
лей. В дальневосточных морях

надлежащая Тихоокеанскому  
океанологическому институту  
и имеющая статус научно-ис-  
следовательского судна, на Белом море — яхта «Спей» (Ин-  
ститут водных проблем АН  
СССР), в скором времени но-  
вая яхта войдет в состав науч-  
но-исследовательских кораб-  
лей Одесского государственного  
университета.



# Концепция астрономического образования

## НАУЧНАЯ КОНЦЕПЦИЯ — ТРЕБОВАНИЕ ЖИЗНИ

Взятый XXVII съездом КПСС курс на ускорение социально-экономического прогресса вносит коренные изменения в стратегию и характер деятельности советских людей во всех сферах. Важные задачи XXVII съезд КПСС поставил и перед народным образованием, одним из элементов которого является общее астрономическое образование, имеющее большое значение для формирования гармонически развитой личности.

Низкий уровень преподавания астрономии во многих школах и профтехучилищах, порождающий астрономическую безграмотность выпускников (Земля и Вселенная, 1985, № 2), следует отнести к числу нетерпимых явлений, им не должно быть места в нашей стране. К сожалению, стихийные поиски выхода из создавшегося положения приводили к появлению той или иной очередной непродуманной «панацеи», в которой в конце концов приходилось разочаровываться (выяснялось: учащиеся, как и прежде, не могут ответить на самые элементарные вопросы по астрономии и космонавтике). Впрочем, само наличие стихийных поисков — следствие того, что мудрая мысль «нет ничего более практичного, чем хорошая теория» так и не внедрилась в сознание тех, кто в последнее время подключается к разработке сложных проблем астрономического образования и предлагает их примитив-

...И если все науки возвышают дух человеческий, то больше всего это свойственно астрономии, не говоря уже о величайшем духовном наслаждении, связанном с ее изучением...

Н. Коперник

ное решение. При этом не замечают, что в отличие от других учебных предметов совершенствование обучения основам астрономии до сих пор не имеет комплексной исследовательской программы — научной концепции, содержащей целостный теоретико-методологический и программно-целевой подход к разработке современной дидактики астрономии. Нет сомнения, именно такой подход соответствует разработанной КПСС стратегии ускорения социально-экономического прогресса, решениям XXVII съезда КПСС и Основным направлениям реформы школы.

## СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА КОНЦЕПЦИИ

Советская педагогическая наука накопила и обобщила значительный опыт в разработке концепций научных исследований по различным учебным предметам. Научные концепции исследований институтов и лабораторий АПН СССР постоянно находятся в центре внимания Президиума АПН СССР. Хотя каждой из этих концепций присущи свои особенности (концепции математического и эстетического образования не могут не иметь отличий!), есть в содержании и структуре их общие принципиальные моменты. Отметим некоторые из них.

Это прежде всего общая характеристика уровня научно-педагогических знаний в данной области с обязательным выяснением и сопоставлением существующих точек зрения. Применительно к астрономии особенно важно



дать методологическое обоснование роли, которая отводится (или должна отводиться) курсу астрономии (или его фрагментам) в учебном плане школы (профтехучилищ). Но сделать это можно лишь на основе всестороннего объективного анализа целей и задач астрономического образования. Фундаментальное значение в концепции придается выдвигению и обоснованию основной научной гипотезы, а также обобщенной характеристике ожидаемых результатов всего исследования или его основных этапов. Проще говоря, концепция должна как бы позволить заглянуть в будущее, увидеть перспективу успешного завершения исследовательской программы не только для данной области педагогической науки (например, для дидактики астрономии), но и всей педагогической науки и практики обучения и воспитания. Однако наряду с теоретическим обоснованием данного учебного предмета научная концепция должна предусматривать те прикладные исследования, без которых ведущие идеи концепции останутся лишь благими пожеланиями. Мы имеем в виду проблему содержания и структуры курса астрономии, программу и учебник, комплекс учебного оборудования по астрономии. В рамках данной статьи будут рассмотрены лишь некоторые из этих проблем.

## ЗАДАЧИ АСТРОНОМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Имеет смысл следующим образом сформулировать задачи обучения астрономии.

### 1. Образовательные задачи:

— научное объяснение наблюдаемых на небе явлений;

— усвоение понятий, теорий и законов, лежащих в основе современной астрономии;

— формирование научного представления о строении и эволюции Вселенной;

— умение использовать астрономические явления в повседневной жизни.

### 2. Воспитательные задачи:

— формирование диалектико-материалистического мировоззрения и атеистическое воспитание на основе философского обобщения достижений астрономии и космонавтики;

— воспитание патриотизма (ознакомление с крупнейшими в мире советскими астрономическими инструментами и приоритетными до-

стижениями в области космонавтики);

— воспитание интернационализма (ознакомление с международными программами исследования и освоения Вселенной);

— воспитание гуманизма (обращение к таким глобальным проблемам человечества, как экологические и борьба за мир);

— воспитание учащихся в духе непримиримости к буржуазной идеологии (на примере критики креационистской интерпретации начала расширения Метагалактики);

— содействие эстетическому воспитанию учащихся в процессе изучения величественной картины звездного неба и постижение учащимися не только красоты Солнечной системы, звездных скоплений и туманностей нашей и других галактик, но и красоты и универсальности законов природы (на примере универсальности гравитационного и электромагнитного взаимодействия в Метагалактике).

### 3. Задачи развития:

— нужно использовать возможности содержания астрономического образования для формирования активной жизненной позиции учащихся;

— важно так организовать обучение астрономии, чтобы оно способствовало возрождению и развитию интереса учащихся к учению, стимулировало бы их не только к более успешному завершению учебы в школе и ПТУ, но и способствовало включению их в процесс непрерывного образования («сверхзадача»);

— для интеллектуального развития учащихся нужно осуществить генерализацию учебного материала на основе ведущих идей курса астрономии, что позволит научить выделять главное в учебном материале и закрепить навыки «переноса» знаний, приобретенных в курсах других учебных предметов;

— изучение вопросов астрономии и космонавтики должно способствовать развитию творческого мышления;

— для развития интеллекта, воли, эмоций и способностей наиболее подготовленных учащихся необходимо предусмотреть такие виды деятельности, как работа с дополнительной литературой, подготовка рефератов, посещение научно-популярных лекций, самостоятельные наблюдения, выступления с сообщениями и докладами перед детской и взрослой аудиториями, участие в различных формах внешкольной работы по астрономии и космонавтике.

## МЕСТО АСТРОНОМИИ В СИСТЕМЕ ВСЕОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

В большинстве стран самостоятельного учебного предмета «астрономия» в школе не существует, как, впрочем, в число обязательных учебных предметов даже в некоторых ведущих капиталистических странах не входят физика и химия... Астрономические вопросы включаются в курсы географии (или «Науки о Земле») и физики. Такой взгляд находят сторонники и в нашей стране, они считают, что целесообразно слить («интегрировать») школьную астрономию с физикой. При этом, во-первых, ссылаются на тесную связь (и взаимосвязь) соответствующих наук — физики и астрономии. Во-вторых, рассматривают интеграцию как способ обязать учителей преподавать астрономию, а учащихся — ее изучать. В-третьих, считается, что интеграция позволяет сократить количество предметов в школе. Однако идея «интеграции» (кстати говоря, отнюдь не новая!) методологически неприемлема, поскольку системное изучение науки о Вселенной и созданной ею астрономической картины мира подменяется изучением отдельных фрагментов; это сводит на нет воспитательный потенциал астрономического образования. Школьный курс физики и без того перегружен сегодня, так что включенные в него вопросы астрономии станут первыми кандидатами при последующих разгрузках. А в советской школе более 20 общеобразовательных предметов. Это много! В случае крайней необходимости многопредметность можно легко уменьшить и без «интеграции», воспользовавшись, например, опытом преподавания астрономии в профтехучилищах. Там уже ряд лет существует общеобразовательный учебный предмет «физика и астрономия», но астрономия не «вкраплена» в физику, а завершает ее небольшим систематическим курсом астрономии. (Разработаны и внедрены программы, учебное пособие для учащихся, методические руководства.)

Рассмотрим альтернативное предложение: перенести изучение самостоятельного курса астрономии из выпускного класса в VII или VIII, сохранив в выпускном классе, как только что отмечалось, курс «физики и астрономии». Однако предложение это не представляется целесообразным, поскольку астрономию

пришлось бы преподавать без достаточной опоры на математику, физику и обществоведение. Но, конечно, небольшой курс «Основ мироведения», не отменяющий систематического изучения астрономии в выпускном классе, был бы, безусловно, очень полезен.

В последнее время выдвинуто серьезно аргументированное предложение превратить курс астрономии в курс «Основы астрономии и космонавтики»\* и, учитывая огромную роль космических исследований, вдвое увеличить число часов на этот курс по сравнению с тем временем, которое сейчас отводится на изучение астрономии. Мы бы назвали такое предложение «программой максимум», поскольку в обозримом будущем увеличение числа часов на астрономию не представляется реальным. Общая нагрузка в старших классах в соответствии с реформой школы сокращается с 32 до 31 часа в неделю, введены новые курсы («Основы информатики и ЭВМ», «Этика и психология семейной жизни»), увеличивается объем курса «Обществоведение», вынужденно сокращаются курсы физики, математики, биологии, химии, географии, литературы...

В начале 1985 года коллективными усилиями астрономической общественности и известных советских астрономов (Земля и Вселенная, 1985, № 4) удалось добиться того, что курс школьной астрономии сохранили в прежнем объеме в выпускном классе общеобразовательной школы. Это, без сомнения, свидетельствует о том, что в Министерстве просвещения СССР и Академии педагогических наук СССР понимают воспитательную и образовательную роль астрономии. Логично было бы изменить теперь в лучшую сторону и отношение к преподаванию астрономии (ведь до сих пор нет у нас ни инспекторов, ни методистов в институтах усовершенствования учителей, ни лаборатории по обучению астрономии, мало квалифицированных учителей астрономии и т. д.).

Однако курс астрономии был и раньше, а вот знания учащихся, мягко говоря, оставляют желать лучшего! Это, к сожалению, при-

---

\* Это предложение подробно обсуждалось на научно-методическом совещании, приуроченном к VIII съезду ВАГО (апрель 1986 г.). Работа совещания и съезда будут освещены на страницах «Земли и Вселенной».

ходится признать, так как об этом свидетельствуют проверки. Но отставив необходимость изучения курса астрономии в выпускном классе (или выпускном курсе ПТУ), мы защищаем идею изменения его статуса. Эта идея сводится к следующему:

— Основные понятия астрономии и космонавтики нужно формировать на протяжении всего времени обучения учащихся в школе (а затем в ПТУ, техникумах и т. д.), включив элементы астрономии в курсы «Ознакомление с окружающим миром», «Природоведение», «География» и «Физика» (Земля и Вселенная, 1985, № 6). Есть вопросы, которые учащиеся должны прочно усвоить задолго до выпуска из школы (причина смены дня и ночи и времен года, отличие планет от звезд и т. п.).

— Необходимо всемерно использовать открываемые реформой школы возможности для создания хорошо продуманной системы работы с учащимися по астрономии и космонавтике во внеурочное время (факультативные занятия, кружки при учебных заведениях, планетариях, народных обсерваториях, станциях юных техников, в пионерских лагерях и т. д.).

— Единый уровень общего астрономического образования нужно не только провозглашать, но и реализовывать в программах, учебниках и учебных пособиях, учебных телевизионных передачах, а также учебных лекциях, читаемых в планетариях.

— Систематический курс астрономии должен быть курсом, завершающим на базе физико-математических знаний мировоззренческое образование и воспитание учащихся.

— Преподавание астрономии необходимо осуществлять на межпредметной основе с максимальным использованием знаний, полученных учащимися в курсах естественнонаучных и гуманитарных предметов.

— Актуальные задачи совершенствования курса астрономии связаны прежде всего с усилением воспитательной и практической направленности процесса обучения основам астрономии и космонавтики, то есть с гуманизацией школьной астрономии (Земля и Вселенная, 1983, № 5).

— Повышение эффективности и качества учебно-воспитательного процесса должно основываться на творческом применении теории и методики оптимизации, развитой в трудах вице-президента АПН СССР Ю. К. Бабанского (Земля и Вселенная, 1985, № 1).

Думается, что научную концепцию астрономического образования надо формулировать с позиций системного подхода, опираясь на перечисленные принципы. В этом случае реализация научной концепции не только приведет к решению главной задачи — повышению эффективности обучения учащихся основам астрономии и космонавтики, но и создаст предпосылки для успешного продолжения астрономического образования после окончания школы и профтехучилища (идея непрерывного образования).

## ПРОГРАММА И УЧЕБНИК

35 часов в общеобразовательной школе и 17 часов в ПТУ — таким временем располагают учителя астрономии для проведения уроков в классе. Как наилучшим образом использовать его? С какими из множества вопросов астрономической науки и космонавтики должен быть прежде всего знаком сейчас каждый грамотный человек? Правильный ответ во многом зависит от учебной программы — документа, которым обязаны руководствоваться и авторы учебников, и учителя.

В 1975 году на страницах «Земли и Вселенной» развернулась большая дискуссия о школьной программе. В ходе ее были предложены различные варианты, но приняты были не они, а действующая в то время программа с небольшими редакционными изменениями. Подобного рода изменения вносились в программу и позднее. И хотя она появлялась под разными названиями («усовершенствованная», «типовая», «новая»), основное содержание ее оставалось прежним. Так произошло и в 1986 году, когда в № 1 журнала «Физика в школе» была опубликована в порядке обсуждения «новая» программа по астрономии. К сожалению, эта программа к моменту публикации уже была утверждена и Академией педагогических наук СССР, и Министерством просвещения СССР. И хотя в «Литературной газете» от 16 апреля 1986 года Министерство просвещения СССР четко разъяснило, что оно считает необходимым широкое обсуждение программ по всем учебным предметам и готово учесть конструктивные предложения, «Физика в школе» (№ 2, 1986 г.) еще до первых откликов читателей опубликовала статью о том, как нужно преподавать по новой программе... Курьезность ситуации подчеркивается еще и

тем, что почти одновременно с появлением «новой» программы вышли в свет «Методика преподавания астрономии в средней школе» (коллектива авторов) и первый пробный учебник «Астрономия», написанный автором этих строк. Конечно, можно эти и другие методические и учебные пособия приспособить к «новой» программе, но нужно ли? Существующая программа, разумеется, не лишена недостатков, но она имеет и существенные достоинства: во-первых, позволяет в разумной мере отразить в школьном курсе вопросы практической астрономии, небесной механики, астрофизики и космологии, делая акцент на астрофизику и проблемы эволюции во Вселенной. Во-вторых, она знакомит учащихся с основными историческими вехами развития астрономии и исследования космического пространства. В-третьих, программа ориентирует учителя на разъяснение ведущих методов (включая средства космонавтики), с помощью которых изучаются небесные тела и их системы. В-четвертых, в самом начале курса учащиеся приобретают знания, необходимые для сознательного выполнения астрономических наблюдений. Сказанного достаточно, чтобы понять простую вещь: сейчас нужно не мудрить над программой, а создавать новые учебники, которые могут быть ориентированы и на действующую программу. Ориентированы — это не значит, что они обязаны строго следовать программе, поскольку авторы учебников должны иметь хотя бы минимальную возможность для проявления творческой инициативы.

О требованиях к учебникам астрономии говорили и писали много. Не повторяя сказанного, подчеркнем лишь одно: учебник должен быть таким, чтобы ученику было интересно по нему учиться, а учителю — учить. Достигнуть этого — значит приблизиться к ликвидации астрономической безграмотности: ведь все ответы на вопросы, которые задавались учащимся во время проверок, в учебнике есть, но почему-то они в него не заглядывали (делать это их далеко не всегда обязывают, а самим им просто неинтересно).

Жаль, конечно, что считается невозможным использовать параллельные учебники, предоставлять не членам экспертных комиссий, а учителям и учащимся возможность выбирать из имеющихся тот учебник, который им нравится. Абсолютная неподготовленность к проведению широкого педагогического экспери-

мента по первому пробному учебнику внушает опасение за общие итоги работы по созданию нового стабильного учебника.

А нужна ли принципиально новая программа по астрономии? В будущем — несомненно! Если к моменту прихода в выпускной класс учащиеся уже получают хотя бы элементарные знания по астрономии и космонавтике, то потребуются изменить содержание и структуру систематического курса. Можно будет вернуться либо к рассмотрению ранее предложенных вариантов, либо разработать новые, тщательно дифференцировав то, что должны знать все учащиеся, и то, что полезно изучать на факультативных и внеклассных занятиях, которые посещают увлеченные астрономией юноши и девушки.

## ПРОБЛЕМЫ КОРЕННОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ

«Зачем нам звезды» — так называлась статья ветерана Великой Отечественной войны Г. Самойлова (г. Андропов), опубликованная 19 апреля 1986 года в «Комсомольской правде». Основная мысль статьи безусловно правильная: преподавание астрономии в школе нуждается в коренной перестройке. Реализация концепции астрономического образования как раз и имеет своей целью осуществление такой перестройки. Осуществить коренную перестройку — значит успешно справиться с решением следующих проблем.

**Проблема учебника** — это проблема создания и внедрения такого учебника, в котором будут не только четко изложены основные понятия и идеи курса астрономии, отражены новейшие достижения астрономии и космонавтики, но и найден методический подход, способствующий развитию интереса учащихся к астрономии и стимулирующий их к увлекательной работе с учебной книгой на уроке и при выполнении домашних занятий.

**Проблема учителя** — это проблема кадров, решение ее связано с перестройкой системы подготовки будущих учителей астрономии (точнее — учителей физики и астрономии) и созданием системы повышения квалификации учителей астрономии.

**Проблема учебного оборудования** — это проблема создания и широкого внедрения взаимосвязанной системы высококачественного учебного оборудования (приборы и инстру-

менты, печатные пособия, аудиовизуальные средства обучения).

**Проблема компьютеризации обучения** — это, во-первых, проблема внедрения микрокалькуляторов для ускорения процесса вычислений при решении задач по астрономии и, во-вторых, разработка пакета программ по основным разделам курса астрономии для микроЭВМ (в принципе такие программы могут быть созданы и для работы на уроках, и для внеклассных занятий, и для быстреего усвоения элементарных астрономических понятий в курсах других учебных предметов).

**Проблема контроля преподавания** — это проблема создания системы, исключающей случаи замены уроков астрономии другими уроками (или мероприятиями) и обеспечивающей эффективный контроль знаний учащихся.

**Проблема научной школы** — это проблема создания научной школы высококвалифицированных специалистов в области теории, методики и практики обучения основам астрономии в советской школе.

Решение всех нерешенных проблем должно быть найдено с учетом перспективы постепенного перехода ко всеобщему профессиональному образованию. О необходимости такого перехода четко сказано в утвержденной XXVII съездом КПСС новой редакции Программы КПСС.

И последнее замечание. Можно много говорить, спорить и писать по поводу необходимости и сущности коренной перестройки, но все это ничего не изменит в фактическом состоянии дел со школьной астрономией, если Министерство просвещения СССР и Академия педагогических наук СССР в ближайшее время вплотную не займутся решением давно назревших актуальных проблем общего астрономического образования. В частности, без серьезной организации объективной инспекторской проверки астрономия по-прежнему останется второстепенным предметом, добросовестное и эффективное преподавание которой будет относиться к числу сравнительно редких явлений.

## Школьная астрономическая олимпиада



В Основных направлениях реформы общеобразовательной и профессиональной школы отмечено: «Важнейшая непреходящая задача советской школы — давать подрастающему поколению глубокие и прочные знания основ наук, вырабатывать навыки и умение применять их на практике». Огромную помощь в этом могут оказать школьные астрономические олимпиады, которые стимулируют учащихся старших классов к изучению и освоению материала, и не только по астрономии, но и по математике, географии, физике, геодезии. Такие олимпиады играют важную роль в профориентации, позволяют, так сказать, увидеть «золотые зерна» этой древнейшей науки, выявить интерес учащихся к ней. Старшеклассникам увлекательно

«сразиться» друг с другом, проверить свою физико-математическую подготовку. После олимпиад проводят собеседования с их участниками, дают им рекомендации в высшие учебные заведения на астрономические и геодезические факультеты.

Но если по математике, физике, химии подобные соревнования проводятся в школе систематически и в них участвует много школьников, то астрономические олимпиады — мероприятия довольно редкие. Планируются они обычно отделом народного образования, Дворцом пионеров, институтом усовершенствования учителей, педагогическим институтом, отделением Всесоюзного астрономо-геодезического общества с участием

других общественных организаций. Средства на их проведение складываются из специальных ассигнований организаций-учредителей (гороно, облоно, Дворец пионеров, отделение Всесоюзного астрономо-геодезического общества и др.).

Перед астрономической олимпиадой необходимо активизировать работу всех школьных кружков, особенно астрономического. Лучше всего устроить школьный астрономический вечер, на котором учащиеся смогут осмотреть специальные выставочные стенды, послушать интересные лекции, участвовать в викторинах и, если позволит погода, наблюдать в телескоп небо, а с помощью теодолита определять высоту и азимут небесных тел. Пользуясь астрономическим календарем, на вечер можно показать фазы Луны, яркие созвездия и другие видимые небесные объекты. К такому вечеру



нужно выпустить красочно оформленную стенную газету.

Преподаватели астрономии, физики, химии, математики могут дать учащимся задания, подготавливающие школьников к предстоящей олимпиаде. В специальных кабинетах или уголках полезно показать ребятам астрономические приборы, самодельные и заводские телескопы, фотографии, дневники, журналы наблюдений, познакомиться с рекомендуемой астрономической литературой. Иногда вопросы, которые будут предлагаться на олимпиаде, вывешиваются заранее для всеобщего ознакомления.

Школьные олимпиады обычно проводятся во время зимних или весенних каникул. Заранее создается оргкомитет олимпиады, куда входят представители школьной администрации, учителя, члены астрономического кружка, члены комитета комсомола. Они не только организуют саму олимпиаду, но выполняют и большую подготовительную работу, знакомят учащихся с условиями и правилами олимпиады. Оргкомитет утверждает жюри — группу «экспертов», определяющих победителей и присуждающих премии.

Олимпиада обычно проводится в три тура. Первый тур — школьная олимпиада по астрономии между параллельными классами одной школы, второй — олимпиада между командами школ данного района города. И наконец, в третьем туре соревнуются команды школ-победителей всего города или даже области.

В каждом туре участникам предлагают пять вопросов и задач из списка, утвержденного оргкомитетом. Ребята отвечают на эти вопросы и за два часа должны письменно решить предложенные задачи. Исчерпывающие ответы оцениваются двумя баллами, неполные — одним, неверные или отказ от ответа — нулевым баллом. Общая оценка команды определяется по среднему баллу.

К первому туру подбирают-

ся вопросы только по пройденному в классе программному материалу, вопросы второго и третьего тура требуют уже дополнительных знаний. Однако не нужно давать чрезмерно сложных задач, ведь если учащийся не может справиться с их решением, у него появляются сомнения и неуверенность в своих силах и интерес к олимпиаде падает.

Проанализировав результаты третьего заключительного тура, оргкомитет определяет первые три места — школ-победителей, а по итогам всех трех туров — личные призовые места. Команды-победительницы награждаются дипломами, грамотами, туристическими путевками или поездками в астрономические обсерватории нашей страны, а учащиеся, занявшие первые и вторые места, — дипломами, грамотами, книгами.

Вопросы и задачи к астрономической олимпиаде можно подобрать, используя существующие сборники задач и статьи об олимпиадах, публикуемые в «Школьном астрономическом календаре».

Кандидат педагогических наук  
К. А. ЛУПОЙ

## Новая программа по астрономии в школах ГДР

С 1987/88 учебного года преподавание астрономии в десятых классах общеобразовательных школ ГДР будет осуществляться по новой программе. На изучение курса астрономии отводится 28 часов, включая время на обязательные наблюдения (3 часа). (Известно, что объем курса астрономии в советских общеобразовательных школах — 38 часов: 34 часа — уроки в классе, 4 часа — наблюдения. — *Прим. ред.*)

Программа расчленена на три основных раздела: «Введение в астрономию» (5 ча-

сов), «Солнечная система» (10 часов), «Звезды, звездные системы, Метагалактика» (13 часов). В каждом из разделов предусмотрен один час на наблюдения. (Заметим, что по общей структуре планируемый курс астрономии в школах ГДР сходен с курсом астрономии в советских средних профтехучилищах, где также три основных раздела («Введение в астрономию», «Солнечная система», «Звезды и галактики»), три часа отводится на наблюдения, но, к сожалению, уроков астрономии всего 17, а не 25. — *Прим. ред.*)

Рассмотрим более подробно каждый из разделов новой программы по астрономии в ГДР.

В первом разделе два урока отводятся на изучение задач и методов астрономических исследований, а затем еще два урока школьники будут изучать основы ориентировки по звездному небу, причем полученные знания должны быть закреплены во время обязательного вечернего занятия.

Второе вечернее занятие, предусматривающее наблюдение Луны и планет в телескоп, приурочено к изучению раздела «Солнечная система». На двух первых уроках этого раздела учащиеся знакомятся с основными вехами истории познания Солнечной системы и современными данными о строении Солнечной системы. Затем следуют три урока, посвященные планетам, два урока — Луне и, наконец, два урока — полетам в космическое пространство.

Третий раздел курса — самый большой. Он включает, кроме одного часа вечерних наблюдений, три урока, посвященных Солнцу, шесть уроков — звездам, три урока — звездным системам и Метагалактике.

*Astronomie in der Schule*, 1986, 2



# Космохимические основы зарождения жизни

**Возникновение жизни на Земле связано с переходом химической эволюции вещества в эволюцию биологическую. Но когда и где произошел переход? Данные космохимии и геохимии говорят: органические соединения — предшественники живого вещества, — образовавшись в космической среде, попали на Землю еще на самых ранних этапах ее развития.**

## ПРИЗНАКИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЖИЗНИ

Многие авторы гипотез о происхождении жизни на Земле допускали, что долгое время после своего возникновения — около 1—2 млрд. лет — наша планета была безжизненной. На ее поверхности совершался медленный abiогенный синтез органических соединений, он впоследствии и привел к образованию первых примитивных живых организмов. Но высказывались и другие гипотезы: длительность существования жизни на Земле соизмерима с возрастом планеты. Такое представление отстаивали В. И. Вернадский, Л. С. Берг, Л. А. Зенкевич. Изучение следов древней жизни показывает, что эти ученые, видимо, были ближе к истине.

Выделяют морфологические, биохимические и изотопно-гео-

химические признаки существования жизни в далеком геологическом прошлом. Морфологические — наиболее очевидные. Это окаменелости растений и животных и их отпечатки, которые находят в горных породах различного возраста. Они особенно обильны в отложениях фанерозоя, охватывающего последние три эры в истории Земли — кайнозойскую, мезозойскую и палеозойскую — общей длительностью около 570 млн. лет. Более древний и продолжительный криптозой (его называют также докембрием) занимает интервал 570—4550 млн. лет. Организмы в криптозое не имели твердого скелета и оставили весьма скудные следы своего существования.

Однако признаки существования автотрофных организмов (синтезирующих все необходимые для жизни органические вещества из неорганических) возраста около 3500 млн. лет обнаружены в древних геологических разрезах Северной Америки, Южной Африки и Западной Австралии. (На это указывают данные микропалеонтологии, органической геохимии и геохимии изотопов.) Наиболее древний — комплекс Исуа в Западной Гренландии, его формирование завершилось 3800 млн. лет назад. В горных породах этого комплекса обнаружены явные геохимические и биохимические

признаки жизни. Они свидетельствуют о существовании биосферы с фотоавтотрофными организмами (зелеными растениями), которые выделяли свободный кислород. Организмы эти — синезеленые водоросли или их предки. Но одноклеточные синезеленые водоросли (цианобактерии) — довольно сложные организмы, они возникли в процессе длительной биологической эволюции, задолго до временной отметки 4000 млн. лет.

По ряду биохимических данных эти автотрофные организмы были вторичными на Земле, первичные же гетеротрофные организмы (использующие для своего питания готовые органические вещества) получили развитие 4000—4550 млн. лет назад. Таким образом, сочетание геохимических и биохимических данных приводит к заключению: длительность жизни на Земле соизмерима с возрастом нашей планеты или чрезвычайно близка к нему. Во всяком случае возникновение жизни относится к самым ранним событиям, которые не зафиксированы в «каменной летописи» Земли. Этот вывод согласуется с высказыванием академика В. И. Вернадского: «В результате трехвековой истории геологии можно утверждать, что нигде на нашей планете не встречены отложения, в которых жизнь отсутствовала бы, и нет таких даже косвен-

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Фанерозой



РАЗВИТИЕ НАЗЕМНЫХ ФОРМ ЖИЗНИ

100·10<sup>6</sup> РЫБЫ (ЛЕТ ТОМУ НАЗАД)

650·10<sup>6</sup> ХОРДОВЫЕ

Поздний докембрий



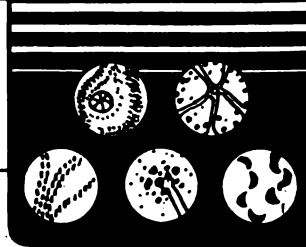
10<sup>9</sup> 1,1·10<sup>9</sup> ВОДОРОСЛИ

Средний докембрий



2·10<sup>9</sup>

Ранний докембрий Архей

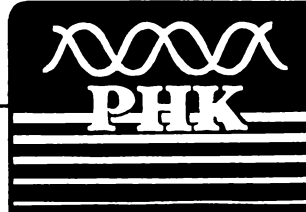


ОДНО-КЛЕТОЧНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ 3·10<sup>9</sup>

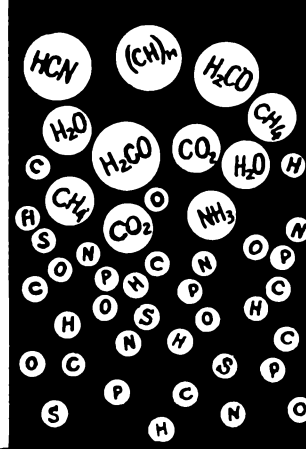


3,8·10<sup>9</sup> САМЫЕ ДРЕВНИЕ

4·10<sup>9</sup> ОТЛОЖЕНИЯ СО СЛЕДАМИ ДНК "ЖИВОГО" В-ВА



4,55·10<sup>9</sup> ВОЗРАСТ ЗЕМЛИ



ДРЕВНЕЙШИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ И МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЕ

ных данных, что мы могли научно допустить ее отсутствие в данных геологических явлениях».

## ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ

В связи со всем этим, видимо, стоит критически оценить некоторые традиционные гипотезы о происхождении жизни. Не так давно допускалось, что первичная безжизненная атмосфера Земли состояла преимущественно из водорода, метана и аммиака с парами воды ( $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ ). По инициативе американского ученого Г. Юри его ученик С. Миллер в 1953 году поставил специальные опыты. Когда через смесь этих газов, имитирующих состав первичной атмосферы нашей планеты, пропускали электрический разряд, то возникали сложные органические соединения, включая аминокислоты. Аналогичные результаты получили в нашей стране Т. Е. Павловская и А. Г. Пасынский при воздействии на такую же газовую смесь ультрафиолетовыми лучами. Подобные опыты проводились и в других странах (реакции этого типа получили название реакций Юри — Миллера), и постепенно утвердилось мнение, что **абиогенный синтез органических соединений**, давших начало жизни, **совершался в первичной атмосфере Земли**, состоявшей из водорода, метана, аммиака и водяных паров.

Теперь эти представления не кажутся убедительными. Земля как внутренняя планета Солнечной системы сформировалась в иных термодинамических условиях, нежели гигантские внешние планеты Юпитер и Сатурн, которые действи-

тельно в своей водородно-гелиевой атмосфере содержат аммиак, метан и другие углеводороды. (Близкой к первичной атмосфере Земли можно считать венерианскую атмосферу, состоящую преимущественно из  $CO_2$ .) Газы, выделявшиеся при вулканических извержениях и давшие начало первичной атмосфере Земли, содержали главным образом  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $S_2$ ,  $H_2S$ ,  $N_2$ . По составу к этой смеси близки газы метеоритов. Таким образом, все данные современной геохимии и космохимии не дают никаких указаний на присутствие аммиака, метана и водорода в ранний период существования планет земной группы. Однако они говорят о возможности образования сложных органических веществ как предшественников жизни в определенных условиях формирования космических тел.

Во второй половине XIX века появились идеи панспермии, согласно которым жизнь на Земле вообще не возникала, а была занесена из космоса. Наиболее активно эти идеи отстаивали Г. Гельмгольц и С. Аррениус. По С. Аррениусу, частицы живого вещества — споры или бактерии — силой светового давления переносились с одной планеты на другую, сохраняя жизнеспособность. Попав в благоприятные условия, они прорастали и давали начало эволюции (Земля и Вселенная, 1981, № 6, с. 57.— Ред.).

Идеи панспермии в какой-то мере популярны и теперь. Ф. Хойл, С. Викремасинг и другие возрождают концепцию о возможности существования микроорганизмов в межзвездном пространстве. Они допускают, что обнаруженные обла-

ка космической пыли состоят преимущественно из бактерий и спор. На заре земной истории, 4500—3800 млн. лет назад, они вместе с кометными метеоритами попали на Землю и дали начало развитию жизни.

Однако следует обратить внимание на более очевидные вещи. Существует большое сходство — а иногда и тождественность — содержания элементов в космической среде, в летучей фракции комет, в бактериях и тканях млекопитающих. Главные составляющие живого вещества — это широко распространенные во Вселенной химические элементы. И только пять из них — H, C, N, O и S — относятся к типичным биофильным.

## ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В МЕТЕОРИТАХ

В космических условиях наиболее распространенные атомы образуют молекулы, которые обнаружены в межзвездных облаках методами современной радиоастрономии. Изучение таких молекул (они содержат по три атома и более) показало, что в основном это соединения углерода. Очевидно, в космосе создаются благоприятные условия для различных комбинаций углерода с другими элементами и соединения возникают в разреженной газовой среде и на поверхности пылевых частиц. Однако до образования сложных органических соединений — непосредственных предшественников жизни — пока еще далеко.

Более сложные органические соединения встречаются в самих телах Солнечной системы. Они найдены в метеоритах, которые являются подлинными «свидетелями» событий, проис-

ходивших еще в период формирования Солнечной системы. Их возраст не менее 4500—4700 млн. лет. А следовательно, найденные в метеоритах органические вещества относятся к весьма древним, возникшим в канун образования Земли.

Органические вещества, правда, обнаружены не во всех метеоритах, а в довольно ограниченной их группе — углистых хондритах (Земля и Вселенная, 1971, № 4, с. 76.—Ред.). В этих черных или темно-серых камнях (в зависимости от состава они делятся на три типа—С1, С2, С3) углерод присутствует главным образом в виде сложных углеродистых полимеров. Содержание углерода и некоторых других летучих веществ в углистых хондритах выражается следующими величинами (в весовых процентах):

Тип	C	S	H <sub>2</sub> O
С1	2,7—5,0	5,2—6,7	18—22
С2	1,1—2,8	2,3—3,7	8—17
С3	0,2—0,6	1,8—2,4	0,1—1,5

Видно, что максимальное содержание углерода и его сложных соединений встречается в углистых хондритах типа С1. Эти метеориты характеризуются закономерными минеральными ассоциациями гидратированных силикатов (серпентин, хлорит), магнетита (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), сульфатов и органического вещества.

Особенно важно отметить, что в органических соединениях углистых хондритовых метеоритов присутствуют аминокислоты — составные части белковых тел в условиях земной жизни. Их обнаружено свыше двух десятков. Вообще большинство аминокислот имеет только один асимметрично расположенный атом углерода

в молекуле и они могут образовывать два возможных оптических изомера: D — правый и L — левовращающих. Аминокислоты биологического происхождения, которые находят на Земле, представлены L-изомерами, тогда как аминокислоты, синтезированные небиологическим, неорганическим путем, являются смесью оптических D- и L-изомеров, содержащихся в равных количествах. Аминокислоты, обнаруженные в метеоритах, оказались оптически не активными. (Правда, в 1984 году в метеорите Мурчисон обнаружено преимущество L-аминокислот перед D-аминокислотами.)

В целом «список» органических соединений космического происхождения оказывается довольно внушительным. Все эти соединения в той или иной мере соответствуют универсальным звеньям обмена веществ живых организмов — аминокислотам, белковоподобным полимерам, порфиринам и многим другим веществам.

## ПОЯС АСТЕРОИДОВ

Большинство метеоритов Солнечной системы движется в главном поясе астероидов на расстояниях 2,3—3,3 а. е. от Солнца (Земля и Вселенная, 1980, № 6, с. 10.—Ред.). Как показали фотометрические измерения, отражательная способность метеоритов почти всех известных классов близка к отражательной способности изученных астероидов. По этому признаку астероиды делятся на две группы: темные, или С-астероиды (альbedo менее 0,05), и относительно светлые, или S-астероиды (альbedo выше 0,1). Группа С ближе к углистым хондритам, нежели группа S. Поскольку метеори-

ты и астероиды состоят в общем из одного и того же материала, то минеральные, химические и структурные особенности метеоритов, изученные в лаборатории, с большой степенью вероятности можно перенести на астероиды.

Удалось установить принципиально важную закономерность: в разных частях пояса астероидов состав тел различный, он зависит от гелиоцентрического расстояния этих тел. Внутри пояса располагаются тела, близкие по составу к обычным хондритам, с удалением же от Солнца (в пределах 2,5—3,2 а. е.) число их уменьшается, так что в средней и краевой части пояса доминируют астероиды типа углистых хондритов. В целом, согласно современным наблюдениям, в астероидном поясе углисто-хондритовые тела даже преобладают.

Если действительно большинство астероидов имеет состав углистых хондритов, то, естественно, они содержат много органического вещества, которое, кстати, и служит причиной их темной окраски и низкой отражательной способности. (Самую низкую отражательную способность имеет астероид Бамберга, его альbedo — 0,03. Это темный и довольно крупный объект в поясе астероидов, с поперечным размером около 250 км.)

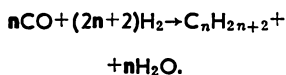
Таким образом, данные по космохимии метеоритов и астероидов свидетельствуют: образование органических соединений в Солнечной системе на ранних стадиях ее развития было типичным и массовым явлением. Особенно интенсивно оно шло в пределах астероидного пояса, но, вероятно, охватывало и другие области

протопланетной туманности, из которой возникла Земля.

## КАК ОБРАЗОВАЛИСЬ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ?

В процессе остывания протосолнечной туманности, когда основные тугоплавкие компоненты (железо, силикаты, сульфиды) уже конденсировались в пылевые частицы, происходила гидратация ранее выделившихся силикатов, в частности наиболее обильного оливина  $(Mg, Fe)SiO_3$ , одновременно или несколько позже образовались органические соединения.

Термодинамические расчеты показывают, что формирование простейших соединений углерода происходило при температуре 300—430 К. Органические соединения, найденные в метеоритах типа углистых хондритов, скорее всего, возникли в результате реакций между водородом, СО и простейшими соединениями азота. В общем виде реакции имеют такой вид:

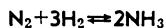
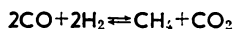


Однако даже в благоприятных термодинамических условиях реакции этого типа протекают медленно, они резко ускоряются лишь в присутствии катализаторов. Можно считать, что катализаторами были, по-видимому, магнетит  $[Fe_3O_4]$  и гидратированные силикаты, возникшие ранее. По всем данным, органические соединения синтезировались естественным путем на поверхности минеральных зерен, которые позднее вошли в состав углистых хондритов. С помощью микроскопа в лабора-

тории было установлено, что органическое вещество в метеоритах присутствует главным образом в виде округлых флуоресцирующих частиц размерами в единицы микрометра. В центре их — ядрышки магнетита или гидратированного силиката.

Большой интерес представляют экспериментальные исследования по моделированию реакций, при которых возникают органические соединения в условиях, близких к космическим. В модельных экспериментах американские исследователи Д. Иоширо, Р. Хайтсу и Э. Андерс обнаружили, что когда СО,  $H_2$  и  $NH_3$  вступают в реакцию при температурах 420—770 К в присутствии никеля, алюминия и глинистых минералов (как катализаторов), синтезируются многие органические вещества, включая аминокислоты.

Поскольку в первичной допланетной туманности содержалось много водорода, углерода (преимущественно в форме СО), азота, то первоначально могли возникать их простейшие соединения в результате реакций:



Таким образом в протопланетном облаке могла возникнуть водород-метан-аммиачная смесь газов. И в ней, естественно, могли осуществляться реакции типа Юри — Миллера, идущие под влиянием ионизирующей радиации. Это, конечно, тоже дало определенный набор органических соединений. Однако ультрафиолетовая радиация первичного Солнца либо очень слабо, либо вовсе

не влияла на космохимию протопланетной туманности — обилие пылевых частиц делало среду непрозрачной для ультрафиолетового излучения.

Тем не менее на ранних этапах Солнечной системы все же существовали мощные источники ионизирующей радиации. Это были повсеместно рассеянные радиоактивные изотопы, такие как  $^{232}Th$ ,  $^{235}U$ ,  $^{238}U$ ,  $^{40}K$ . 4,5 млрд. лет назад в веществе планет их содержалось больше. Так,  $^{238}U$  содержалось в 2,  $^{40}K$  — в 10, а  $^{235}U$  — в 80 раз больше, чем в современную эпоху. Кроме того, в ранней Солнечной системе были распространены сильно радиоактивные изотопы с периодом полураспада 1—100 млн. лет, они быстро распались. Но что они существовали в ранней Солнечной системе — показало изучение продуктов их распада, которые удалось обнаружить экспериментально в минеральных фракциях метеоритов.

Таким образом, сама естественная радиоактивность, связанная с наличием неустойчивых изотопов, могла и должна была ионизировать космическую среду, стимулируя в ней многие химические реакции, включая синтез органических соединений. Химические и изотопные данные по углистым хондритам показывают, что накануне формирования родительских тел этих метеоритов возникновение органических веществ происходило преимущественно путем каталитических реакций и в меньшей степени — путем реакций, которые шли под влиянием ионизирующего излучения.

Возникшие в космических условиях органические вещества должны были попасть на



Землю в последнюю завершающую стадию ее аккумуляции вместе с материалом типа углистых хондритов. Однако насколько далеко ушла химическая эволюция вещества в космических условиях, мы не знаем. Те углистые хондриты, которые изучены относительно присутствия в них органики, могут быть всего лишь аналогами материала, завершающего построение Земли. Но не обязательно тождественны ему. Не исключено также, что образование первых сложных молекул ДНК, лежащих в ос-

нове наследственности, могло произойти еще в космических условиях, когда завершалось образование нашей планеты.

Современные данные космохимии и геохимии свидетельствуют о том, что химические предпосылки появления жизни и биосферы сформировались тогда, когда уже почти остыла первичная газовая туманность. Химическая эволюция, которая шла по пути усложнения строения вещества, началась задолго до появления Солнечной системы, в космических условиях, затем про-

должалась на Земле и в относительно короткие сроки привела к зарождению первых (гетеротрофных) организмов в самых ранних водоемах планеты. Возникновение Земли и жизни, видимо, представляло собой единый взаимосвязанный процесс, и процесс этот был результатом химической эволюции вещества Солнечной системы.

Рисунок А. Хорьнова

## НОВЫЕ КНИГИ

### Наша оледенелая планета

Известный советский ученый член-корреспондент АН СССР В. М. Котляков свою новую научно-популярную книгу «Снег и лед в природе Земли» (М.: Наука, 1986) посвятил проблемам современных гляциологических исследований. В шестнадцати ее небольших главах в сжатой форме дается характеристика науки, изучающей роль снега и льда в природе и хозяйственной деятельности людей.

В первых нескольких главах рассказывается о становлении гляциологии, приводятся сведения о массе, площади распространения и времени жизни основных видов природного льда; читатель узнает о влиянии снежного и ледяного покровов на климат Земли, воздействия их на Мировой океан, о связи этих покровов с эволюцией нашей планеты. Методами палеогляциологии ученые восстановили характер древних земных оледенений. Автор обсуждает механизмы зарождения и роста оледенений, а также выявленное с помощью моделирова-

ния их «несимметричное» развитие.

Отдельная глава посвящена изучению Антарктиды — огромного ледяного массива, который делает климат в южном полушарии холоднее, чем в северном. Большое внимание в книге уделено горным ледникам; одно из важных достижений в горной гляциологии, как подчеркивает автор, — это открытие общих законов и различных гляциологических характеристик целых ледниковых систем — огромных территорий, занятых льдом.

Немало места в книге отводится проблеме снежно-ледовых ресурсов, их прогнозированию, разработке методов их охраны и рационального использования.

### Популярно о космологии

В разные года (в данном случае взят интервал с 1979 по 1985 год) журнал «Природа» публиковал статьи, посвященные актуальнейшим проблемам космологии. Наиболее «острые» из опубликованных

научно-популярных статей и были собраны вместе и в виде отдельной книги выпущены в 1986 году издательством «Наука». Сборник называется «Прошлое и будущее Вселенной». Авторы статей — ведущие советские и зарубежные ученые, специалисты в области космологии и астрофизики. Среди них — академик Я. Б. Зельдович, член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский, академик АН ЭССР Я. Э. Эйнасто, доктора физико-математических наук И. Д. Новиков, Д. А. Киржниц, Г. С. Бисноватый-Юган, Л. С. Марочник, Л. М. Мухин, крупнейший английский космолог С. Хокинг. В статьях затронуты такие волнующие вопросы современного естествознания, как загадки черных дыр, роль нейтрино во Вселенной, реликтовое излучение и его связь с проблемами конечности и бесконечности мироздания, существование гравитационных линз.

Издание содержит немало разъясняющих схем и иллюстраций. Предисловие к сборнику написал А. М. Черепашук, создавший как бы цепь взаимосвязанных аннотаций к каждой из публикуемых статей.

ПО ВЫСТАВКАМ  
И МУЗЕЯМ

## Космос и связь

В конце мая в Москве, на выставочных комплексах Красной Пресни и Сокольников, открылась международная отраслевая выставка «Связь-86». Здесь были представлены экспонаты из 21 страны. Средства связи — тема всегда актуальная, особенно сейчас, когда человек осваивает космическое пространство. Прогресс в коммуникационной сфере знаменуют новейшие достижения национальных производств — от орбитальных спутников связи до современных моделей телефонных аппаратов.

В Советском Союзе более ста постоянно действующих телецентров. Цифра эта меняется, и не обязательно в сторону увеличения, поскольку с развитием спутниковой связи постепенно отходит на второй план необходимость создавать все новые и новые местные телевизионные станции.

В последние годы спутниковая связь приобрела большое народнохозяйственное значение. Ныне космическое телевидение не только влияет на материальное производство, но и становится немаловажным социально-географическим фактором. Так, социологи обнаружили, что в регионах, охваченных телевидением, меньше текучесть кадров, чем там, где по старинке ограничиваются двухразовой в неделю демонстрацией кинофильмов.

### ДЛЯ ТЕХ, КТО В МОРЕ

В настоящее время три группы стационарных спутни-



Землема выставки «Связь-86»

ков (они относятся к международной системе морской спутниковой связи ИНМАРСАТ), расположенных по линии экватора над Атлантическим, Тихим и Индийским океанами, контролируют районы с наиболее оживленным судоходством. «Посредником» между советскими моряками и абонентами на берегу служат центры международной спутниковой связи (ЦМСС) около Одессы и дальневосточной Находки.

На выставке «Связь-86» был продемонстрирован макет ЦМСС-1, этот центр расположен в районе Одессы. Он обеспечивает телефонное и телеграфное сообщение между океанскими судами и абонентами СССР и иностранных государств, используя два геостационарных спутника в зоне Индийского и Атлантического океанов.

ЦМСС-1 оснащен аппаратурой, разработанной и изготовленной в СССР. В числе прочих экспонатов выставки — судовая радиостанция морской спутниковой связи «Стандарт-А». Через космические аппараты ИНМАРСАТа она

осуществляет в открытом океане связь между кораблями. Все время находясь в состоянии готовности, радиостанция настроена на запросное сообщение типа SOS. Требуемый канал предоставляется немедленно после подачи такого сигнала. В автоматическом режиме работает телетайп установки, позволяющий оператору без спешки обработать принятую информацию.

Безопасности мореплавания способствует и другая аппаратура, которой оборудованы океанские суда. В разделе выставки «Системы и аппаратура радиосвязи» представлены приемники и передатчики, используемые не только в аварийных ситуациях, но и в качестве приборов со смешанными функциями.

...Акустические «волны», накатываясь из стереофонических громкоговорителей, дробятся о скального цвета «Дюну-3». «Морские» сравнения более чем уместны, поскольку пульт управления судовыми средствами радиосвязи «Дюна-3» применяется в районах морских промыслов, а также обеспечивает бесперебойную связь между судами смешанного (река — море) плавания. В советском павильоне «Связи-86» был установлен еще один пульт из семейства «Дюна», отличающийся большим числом сопрягаемых с ним типов оконечной аппаратуры. К последней относятся телефонные и телеграфные аппараты, различные наушники и т. п. Выполненные с уче-

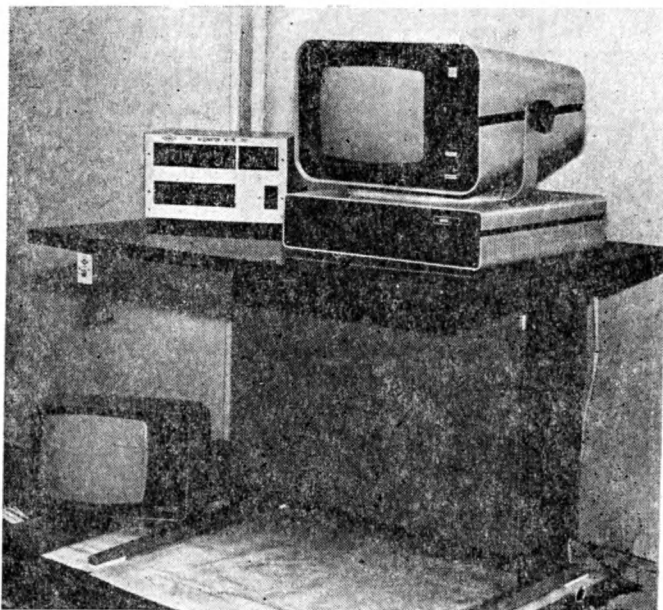
том современных требований дизайна, пульты обеспечивают максимум удобств оператору, у которого все под рукой и перед глазами.

Для чисто спасательных целей предназначен радиобуй «Сарсат-АРБ». Терпящий бедствие в открытом океане морской или воздушный корабль сбрасывает на волны яркоокрашенный буй, и тот в течение суток посылает в эфир сигналы SOS. Зависший над данным океанским регионом спутник ИНМАРСАТ принимает их, пеленгует место катастрофы и передает координаты «по назначению». Далее спасательные работы ориентирует маяк ближнего привода, размещенный в одном герметичном корпусе с сигнализатором спутникового канала. Этот маяк ближнего привода в течение двух суток непрерывно оповещает спасателей (Земля и Вселенная, 1985, № 2, с. 41.— Ред.).

Серия судовых радиостанций, показанных на выставке, разумеется, не ограничена функцией «спасения на водах». Например, радиопередающее устройство «Барк-2», устанавливаемое на малотоннажных и среднетоннажных судах промыслового флота неограниченного района плавания, кроме обеспечения безопасности осуществляет диспетчерское руководство судами и передачу корреспонденции. Устройство также имеет встроенный автомат для подачи сигналов тревоги, у него расширенный диапазон рабочих частот и повышенная мощность.

#### «ОКЕАН» ПОМОГАЕТ УЧЕНЫМ

Когда речь заходит о средствах связи, телевидение вспоминают в последнюю очередь. Действительно, в быту «голу-



Прибор «Индекс-26», различающий конверты по почтовым индексам, а также сортирующий письма

бому экрану» мы больше вводим роль информатора или устройства для развлечения, нежели коммуникативного аппарата. Вероятно, это происходит оттого, что зритель изначально лишен возможности участвовать в диалоге.

В промышленности, наоборот, предпочтительнее ситуация, когда лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать, а увидев, вставить свое «словечко». Именно таким требованиям отвечает выставочный экспонат с длинным названием «Телевизионная аппаратура для визуализации и автоматизированной обработки изображения дна океана в системе разведки твердых полезных ископаемых» (обиходное наименование — «Океан»).

Аппаратурой «Океан» осна-

щаются научно-исследовательские суда, ведущие разведку в глубоководных районах открытого моря. Оператор при необходимости задает режим работы аппаратуре и вводит текущие параметры. Управление комплексом осуществляется через алфавитно-цифровой дисплей посредством микроЭВМ. Изображение анализируется рядом сложных приборов, но окончательное решение отводится спецпроцессорным блокам и, конечно, человеку.

Цилиндрические корпуса телекамер способны опускаться на глубину 6000 м. Чтобы достичь максимальной отметки, требуется около двух часов, движутся камеры со скоростью прогуливающегося человека. На расстоянии 5—10 метров от дна эхолотом останавливается глубоководное устройство, автоматически подстраивается диафрагма телеобъектива и вспыхивает мощная импульсная



Телефонное устройство «Злетап-2», способное запоминать 30 запрограммированных номеров

лампа, высвечивая на дне участок диаметром 1 м.

На том же глубоководном устройстве смонтированы фото- и кинокамеры, чтобы ученые в любой момент могли обратиться к зафиксированному изображению. Разрешающая способность оптики и опознавательные «способности» электроники таковы, что выхваченный из мрака сантиметровой камешек на дне без колебаний оценивается как заслуживающий или не заслуживающий внимания геологов. Изображение «пропускается» через микропроцессоры, которые суммируют информацию о скоплениях донных объектов.

#### КОСМИЧЕСКАЯ ПОЧТА

Перспектива освоения космоса в коммуникационных целях поистине безгранична. С 1965 года, когда на орбиту были выведены первые опыт-

ные спутники связи типа «Молния», практическое использование безвоздушного пространства осуществляется в целенаправленных программах целой серии ИСЗ. Одна из этих программ — международной системы «Интерспутник», охватывающей 14 стран.

Как-то незаметно космос сделался привычной и даже, пожалуй, обыденной составляющей нашей жизни. Выписывающий центральные газеты сибиряк и телезритель-дальневосточник, обнаружив в один прекрасный день, что «Комсомолка» успела к завтраку, а телевизор стал «брать» уже не одну программу, в последнюю очередь заподозряет в этом «участие» космоса. Современному потребителю «продукции» предприятий связи «посредничество» космоса в системе «информация — человек» станет заметно, только если оно вдруг прекратится. Чтобы этого не произошло, и выводятся в околоземное пространство «Молнии», «Го-

ризонты» и другие спутники с целевой программой — связь. На выставке было показано факсимильное оборудование, которое, используя телевизионные космические стволы «Москва» и «Орбита», передает в цифровом канале шесть полос «Правды» за четверть часа. На техническом языке это означает поток информации в 480 кбит. Передающая часть факсимильного устройства устанавливается прямо у типографского станка, и «горячие» новости через антенну на крыше типографии улетают впустоту, чтобы лечь газетной строкой в Иркутске или Хабаровске.

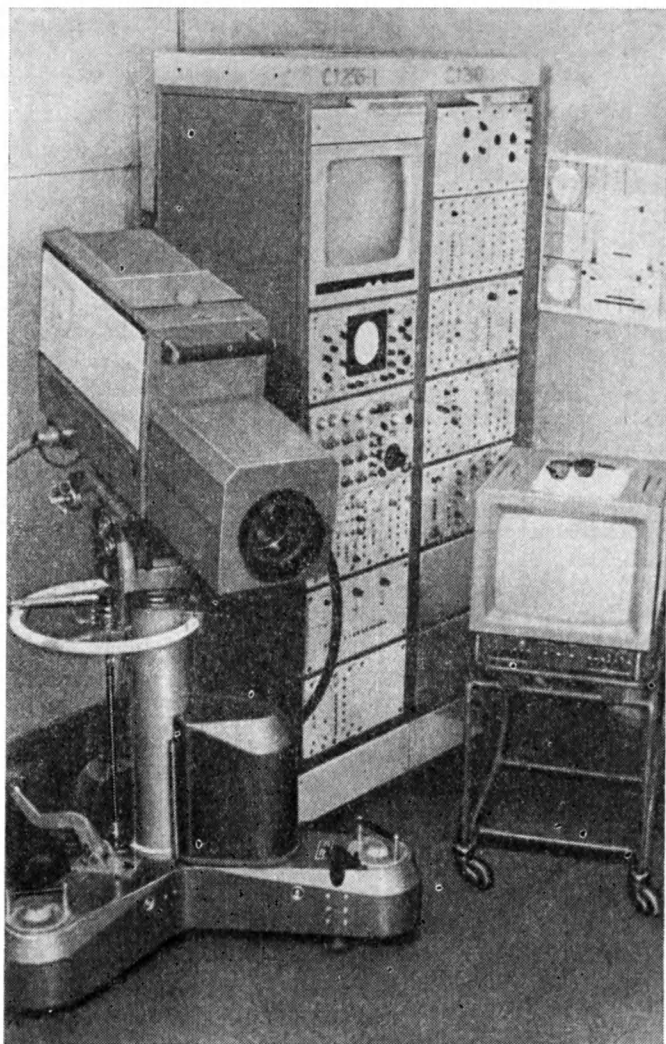
К фототелеграфу уже успели привыкнуть, пересылая чертежи, рисунки, документы. Новое заключается в принципиальном изменении кодирования и передачи изображения с бумажного листа. Теперь кодирование сигнала производят цифровым методом, отдавая предпочтение двоичному, и применяют импульсный способ передачи. Используемая для этой цели часть факсимильного оборудования «Газета-3» (она демонстрировалась на выставке) имеет обозначение «ИГП-цифра». Сквозной цифровой канал позволяет выиграть как в качестве, так и в количестве, обеспечивая прямое тиражирование офсетных копий и «атискивая» в линию связи практически неограниченный поток информации. В телевизионном стволе в виде электромагнитных волн мирно соседствуют газетная страница и телепрограмма «В мире животных».

Сама же система «Москва» может использоваться для спутникового вещания не только в Азии, как система «Орби-

Такая однообъективная стереоцветная телевизионная система формирует «трехмерное» изображение на экранах стандартных цветных телеприемников. Слева — телекамера, правее — вспомогательное электронное оборудование

та», но и в Европе. Кстати, метод децентрализованного печатания газет особенно активно разрабатывается именно в нашей стране, поскольку ни у одного государства нет территории, сравнимой с территорией Советского Союза.

Впрочем, передача газетных полос в дальние населенные пункты СССР — не единственная проблема. На выставке «Связь-86» посетители имели возможность познакомиться с аппаратурой, которая в недалеком будущем позволит осуществить факсимильную передачу письменной корреспонденции. Электронная почта заменит громоздкую цепь пересылки писем, куда ныне входят и предприятия связи различных рангов, и авиация, и железнодорожный транспорт. Адресат без промедления будет получать любой документально точный автограф отправителя.



#### ТЕЛЕФОН «ЗАВТРА»?

Аппаратура, представленная в разделе «Радиолюбительство в СССР», сделана на вполне профессиональном уровне. Заметная роль, которую играют любительские разработки в народном хозяйстве, предопределяет масштабность их материального обеспечения. Комплект бортовой аппаратуры искусственного спутника Земли ретранслирует сигналы наземных коротковолновых радиостанций. Это не первая

бортовая система ИСЗ, помогающая коротковолновикам-любителям в их научных и народнохозяйственных экспериментах. Демонстрируемая система отличается увеличенным объемом памяти запоминающего устройства и способностью переводить информацию на язык телетайпа.

Стенд телефонной аппаратуры неизменно пользовался вниманием как специалистов, так и обычных посетителей. Безмонетный таксофон ТСФ

БМ АТС представляет собой перспективную разработку. Его особенность заключается в том, что оплата разговора осуществляется кредитными картами, рассчитанными на десять 3-минутных бесед. Абонент может при необходимости использовать все полчаса «карточного» времени, своевременно нажимая кнопку после предупредительного сигнала автомата. Удобство такой кредитной карточки еще предстоит оценить.



Заведующий Крымской метеорной станцией  
В. В. МАРТЫНЕНКО  
Инспектор Крымской метеорной станции  
А. С. ЛЕВИНА

## Активность Персеид в 1985 году

Наблюдателей разных стран в 1985 году вновь удивил своей необычной активностью метеорный поток-гигант Персеиды. Некоторые исследователи метеоров ожидали максимальную активность потока (до 90 в час) в ночь с 11 на 12 августа. Действительно, в эту ночь наблюдались большие часовые числа (60—90), но максимум все же прошел в ночь с 12 на 13 августа.

И прежде в потоке Персеид отмечались большие сгущения в виде облаков, кратковременных пачек (Земля и Вселенная, 1982, № 4, с. 73; 1983, № 4, с. 69; 1985, № 3, с. 89.—Ред.). В 1985 году это явление приобрело более четкий характер, проявившийся в сильной фрагментации частиц роя, о чем свидетельствовало весьма неравномерное появление персеид. Несколько иным было появление персеид-близнецов, обнаружился также заметный дефицит умеренно ярких персеид. Высокие часовые числа сохранялись и в последующие две ночи (в среднем 60 и 40 соответственно).

В СССР изучение Персеид проводилось по программе ставшей уже традиционной «метеорной эстафеты». Руководили исследованиями Крымская метеорная станция имени Г. О. Затейщикова ВАГО и юношеская астрономическая обсерватория Крымской областной станции юных техников.

С помощью десятков любителей астрономии — школьников, студентов, руководителей астрокружков страны в 1985 году удалось провести обширные наблюдения за потоком, причем благодаря разбросу пунктов наблюдений по долготе за ним удавалось следить почти непрерывно в течение 11—13 часов ночного времени.

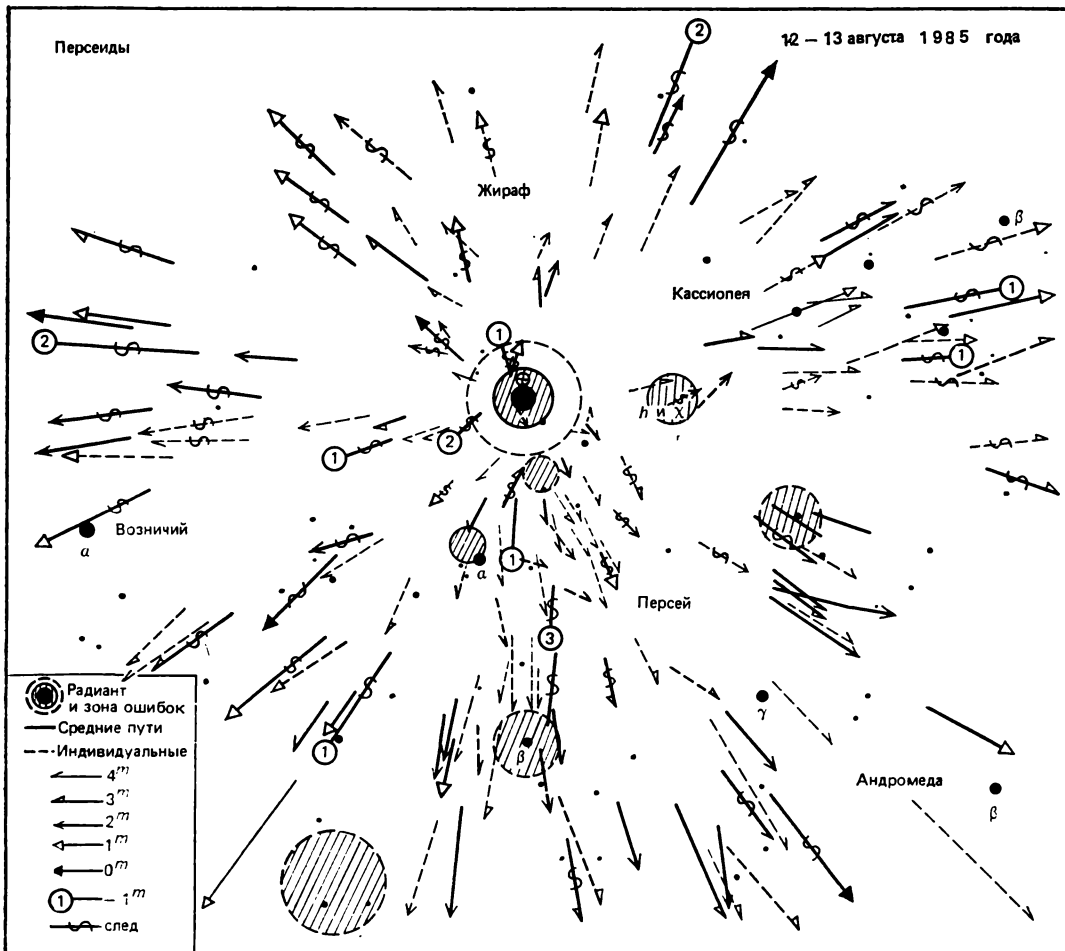
В нашей стране 12—24 июля и 1—24 августа 1985 года работало 19 групп наблюдателей (98 человек) из городов Симферополя, Алушты, Судака, села Уваровка Крымской области, поселка Новотроицкое Донецкой области, поселка Дальнегорск Приморского края, городов Ростова-на-Дону, Горького, Алма-Аты, Искитима Новосибирской области, Златоуста Челябинской области и многих других мест. Только в августе за 16 ночей было зарегистрировано 22 274 метеора разных потоков, в том числе 9756 персеид. Больше всего метеоров отметили крымские группы (12 506, из них 6017 — персеиды). На пунктах в городах Слюдянке, Судаке, Симферополе (Перевальное) и на горе Ворон работали самые опытные наблюдатели.

К сожалению, погода существенно изменила планы исследователей Персеид. Три тайфуна, обрушившихся в ночи максимальной активности потока на Приморский край, не позволили провести наблюде-

ния 12—13 августа на самом передовом пункте советской визуальной службы метеоров в поселке Дальнегорске. На этот раз первыми в СССР увидели Персеиды 12—13 августа наблюдатели выездной экспедиционной группы Крымского областного отделения ВАГО и Крымского общества любителей астрономии В. В. Мартыненко, М. Н. Бидниченко, И. В. Крузман, Г. В. Акман и их местные помощники В. А. Жигалов, С. В. Жигалова и А. В. Наумов. Группа работала на окраине города Слюдянка (южный берег Байкала).

Хорошая организация наблюдений и благоприятные погодные условия позволили здесь получить ценные данные о характере потока Персеид в ночь максимума. Вначале работа экспедиции складывалась неудачно — пасмурная мгlistая погода, сильно снижавшая видимость, стояла на юге Иркутской области много дней. Ночью 11 августа облачность ушла и наблюдатели увидели необычайно прозрачное небо, на котором можно было заметить звезды 7<sup>m</sup> и даже такие объекты, как шаровое скопление М 13 в созвездии Геркулеса! Зрелище настолько прекрасное, что рискуем привести здесь краткие выдержки из дневника экспедиционной группы: «...с вечера стали медленно разгораться звезды, очень рано появились Арктур и Вега...





**Структура радиантов Персеид 12—13 августа 1985 года по наблюдениям в Крыму.** Общая площадь радиации главного радианта с зоной ошибок — от 3 до 6°. Здесь пересекается подавляющее большинство (около 80%) продолжений путей персеид. Антивны α-Персеиды (около 9%)

Необычна Большая Медведица, ее основные звезды в ковше кажутся звездами почти нулевой величины! Мы не сразу их узнали... Свет звезд с каждой минутой усиливается, небо медленно темнеет и вот в этом звездном «хоре» начинает

мощно „звучать“ Млечный Путь. Звезд так много, что кажется будто мы находимся в космосе. Созвездия в этой звездной каше узнаются с трудом... Даже появившийся к утру серп Луны (он здесь кажется ослепительным) не может умалить блеск Млечного Пути — настолько он ярко и широк. И всю эту небесную симфонию дополняет множество вспышек метеоров...»

Какова же была активность Персеид в ночь предполагаемого максимума 11—12 августа? Над поселком Дальнегорском в ту ночь небо еще было

ясное, и Н. В. Князюк провел счет метеоров и определил их звездные величины. Он получил несколько значений зенитных часовых чисел ( $\eta_{\text{z}}$ ) для периода с 14 по 19 часов всемирного времени (далее везде мы будем указывать всемирное время), среднее из них равно 40. Как известно, величины  $\eta_{\text{z}}$  сильно зависят от прозрачности атмосферы, которая характеризуется предельной звездной величиной  $m_{\text{lim}}$  в зените, их можно сравнить только в том случае, если они приведены к стандартным условиям наблюдений (Земля

и Вселенная, 1986, № 1, с. 89.— Ред.). Напомним, что такими условиями принято считать, когда на ясном небе в зените видны звезды до 6,5<sup>m</sup>.

В ночь с 11 на 12 августа для Дальнегорска  $m_{11m}$  была близка к 6,0 до 18 часов и 5,8 в последний утренний интервал. Согласно правилам Европейской федерации метеорных астрономов, для приведения  $p_h$  к  $m_{11m}=6,5$  мы использовали поправочные (редукционные) коэффициенты, равные 1,5 и 2,0. Среднее исправленное часовое число ( $p'_h$ ) для этой ночи оказалось равным 59. В Слюдянке М. Н. Бидниченко для интервала времени 19—20 ч в условиях, приближенных к стандартным, определил  $p'_h=55$ , что близко к результатам, полученным Н. В. Князюком.

По программе «метеорной эстафеты» в интервале с 18 ч до 01 ч  $p'_h$  определялись по наблюдениям в поселке Новотроицкое, Симферополе и на горе Ворон. Средние значения приведенных часовых чисел на одного наблюдателя близки к реальным и отражают повышенную активность Персеид в ночь перед максимумом (см. таблицу 1: T—интервалы по всемирному времени;  $p_h$ —наблюдаемые, приведенные к зениту, то есть для радианта в зените;  $p'_h$ —приведенные к стандартным условиям, то есть к  $m_{11m}=6,5$ ; +—Дальнегорск; ++—Слюдянка;  $\bar{p}_h$ —среднее для Новотроицкого, Симферополя, Ворона). Значение  $p'_h$ ,

полученное в Слюдянке, в определенном смысле служит контрольным значением.

01 ч—01 ч 30 мин—время рассвета в европейской части СССР, наблюдаемые  $p_h$  в этом интервале естественно получались заниженными ( $m_{11m}$  значительно меньше 5,5), поэтому для характеристики потока определялись индексы относительной активности  $i\%$  (относительные числа персеид к числу всех метеоров). В 00 ч—01 ч 30 мин  $i$  изменялись с 84 до 90%. Таким образом, данные показывают, что 11—12 августа наблюдалась повышенная активность Персеид (на уровне и даже выше обычных максимумов, регистрировавшихся до 1980 года, то есть до приближения к перигелию кометы Туттля—Свифта) и что в 00—02 ч начался основной подъем численности потока.

В эту ночь повсеместно наблюдались яркие персеиды. В Дальнегорске, Слюдянке в 15 ч 20 мин и в 18 ч 38 мин отмечены болиды-персеиды —5,5<sup>m</sup>. Последний болид оставил удивительно красивый цветной след—в центре синий, по краям оранжево-зеленый. Вообще отмечено немало цветных и двойных следов. Много ярких персеид зарегистрировали наблюдатели в городе Искитим (А. А. Родиков, О. В. Смолко, А. Ю. Дедигуров). С 16 ч 18 мин за 7 мин они увидели 3 персеиды (—4, —3 и —2<sup>m</sup>); с 17 ч 09 мин за 40 мин—4 персеиды (—3, —2, —5 и —5<sup>m</sup>); затем в 18 ч 16 мин

и 34 мин—персеиды —4 и —3<sup>m</sup>. Последний вошел в группу четырех ярких метеоров потока 2—2<sup>m</sup>, следовавших друг за другом в течение всего 12 минут. Начало работы 11—12 августа для новотроицкой группы (А. С. Майдик, Н. Г. Федькин и др.) было отмечено вспышкой персеиды—6<sup>m</sup> на фоне сумеречного неба (18 ч 26 мин, высота 20°). Последние этого яркие персеиды (—2<sup>m</sup> и ярче) появлялись неравномерно: то их было немного (с 18 ч 20 мин за 79 мин всего 12 персеид: с 20 ч 20 мин за 40 мин—11; с 21 ч за 40 мин—13, в том числе один—4<sup>m</sup>), то частота их появления возрастала (с 21 ч 40 мин за 45 мин—29 персеид; с 22 ч 25 мин за 50 мин—19, в том числе один—4<sup>m</sup>). Но самым интересным был период, когда небо над Новотроицком после почти часового затишья (всего 7 персеид) озарилось вспышками 6 персеид—5, —3, —8, —1, 0, —2<sup>m</sup> с 00 ч 16 мин за 12 мин и 13 персеид 2—1<sup>m</sup> с 00 ч 29 мин за 17 мин. Подобную группу ярких персеид за короткое время перед рассветом 12 августа наблюдали в Крыму, среди них два болида—3 и —4<sup>m</sup> появились в 00 ч 22 мин примерно через 20 секунд один за другим.

В ночь максимума 12—13 августа наблюдения в Слюдянке показали интересную вещь: в потоке персеид обнаружилось много кратковременных групп метеоров, состоящих из двух, трех, четырех, пяти и

ТАБЛИЦА 1

T	14—15	15—16	16—17	17—18	18—19	19—20	20—21	21—22	22—23	23—00	00—01
$p_h$	36+	45+	42+	33+	(26+)	55++	57	51	56	49	(40)
$p'_h$	50+	67+	63+	56+	56+	55++	63	66	70	87	86

даже шести-восьми персеид. Время появления таких пачек — 0,2—2 с, реже — 3—10 с. Некоторые из этих групп входили в «нормальные» пачки по 5—15 метеоров, появляющихся за 1—3 мин. Из 557 персеид, зарегистрированных в ту ночь (5 ч 30 мин чистого времени), отмечено 44 пары, 18 троек, 11 четверок и 11 групп с числом персеид от пяти до восьми. Появление персеид пачками вблизи радианта выглядело эффектно, и последний был виден непосредственно.

В Слюдянке максимальное число персеид в час отмечалось в ночь с 12 на 13 августа с 16 ч до времени рассвета, это число — от 90 до 125—135 ± 25. Несмотря на снижение наблюдаемого числа метеоров в связи с рассветом, относительное число персеид росло и приблизилось к 90—100%. Средняя яркость 35 метеоров потока, пролетевших уже на светлом фоне неба (с 19 ч 30 мин за 40 мин), равнялась 2,2<sup>m</sup> (против 2,8<sup>m</sup> для всей ночи). Подъем активности подтвердили наблюдатели, работавшие в других пунктах. В Алма-Ате значение  $n'_h$  (для группы) приблизительно равно 130 (правда, здесь велись в основном учебные наблюдения и наблюдатели не всегда верно отмечали принадлежность метеоров к потоку). Хороший ряд наблюдений получили в поселке Новотроицкое, по этим данным в 19—20 ч  $n'_h$  доходило до 130.

В Крыму 12—13 августа на-

блюдениям мешала облачность. На горе Ворон в облачный интервал 20—21 ч величина  $n'_h$  равна 120. Анализ наблюдений различных групп показал, что часовые числа персеид с 21 до 24 ч уменьшаются до 80—100, затем с 24 до 02 ч начинается новое увеличение, когда  $n'_h$  становится выше 100. Естественно, облачность или дымка существенно снижали точность результатов. Интересное явление — полет персеид за полупрозрачными облаками — видела группа на горе Ворон с 21 ч по 22 ч 30 мин. Несмотря на сильную облачность, зарегистрировано 69 метеоров, из которых 58 были явно персеидами. Эффект явления сравним с зарницами, ведь некоторые из метеоров имели яркость  $-1 \div -4^m$ .

На Крымскую метеорную станцию любезно прислали результаты своих наблюдений некоторые зарубежные исследователи метеоров. Самыми ценными из них для «метеорной эстафеты» оказались данные, полученные Паулем Рогемансом (Европейская федерация метеорных астрономов) на юге Франции в Верхнем Провансе. Наблюдения П. Рогеманса показывают, что над Западной Европой  $n'_h$  достигали 78—108.

Несмотря на наличие ярких болидов, в потоке было относительно мало метеоров  $-2 \div -5^m$ , в то же время — много метеоров 2<sup>m</sup> и слабее. Это хорошо видно по суммарному наблюдаемому распределению

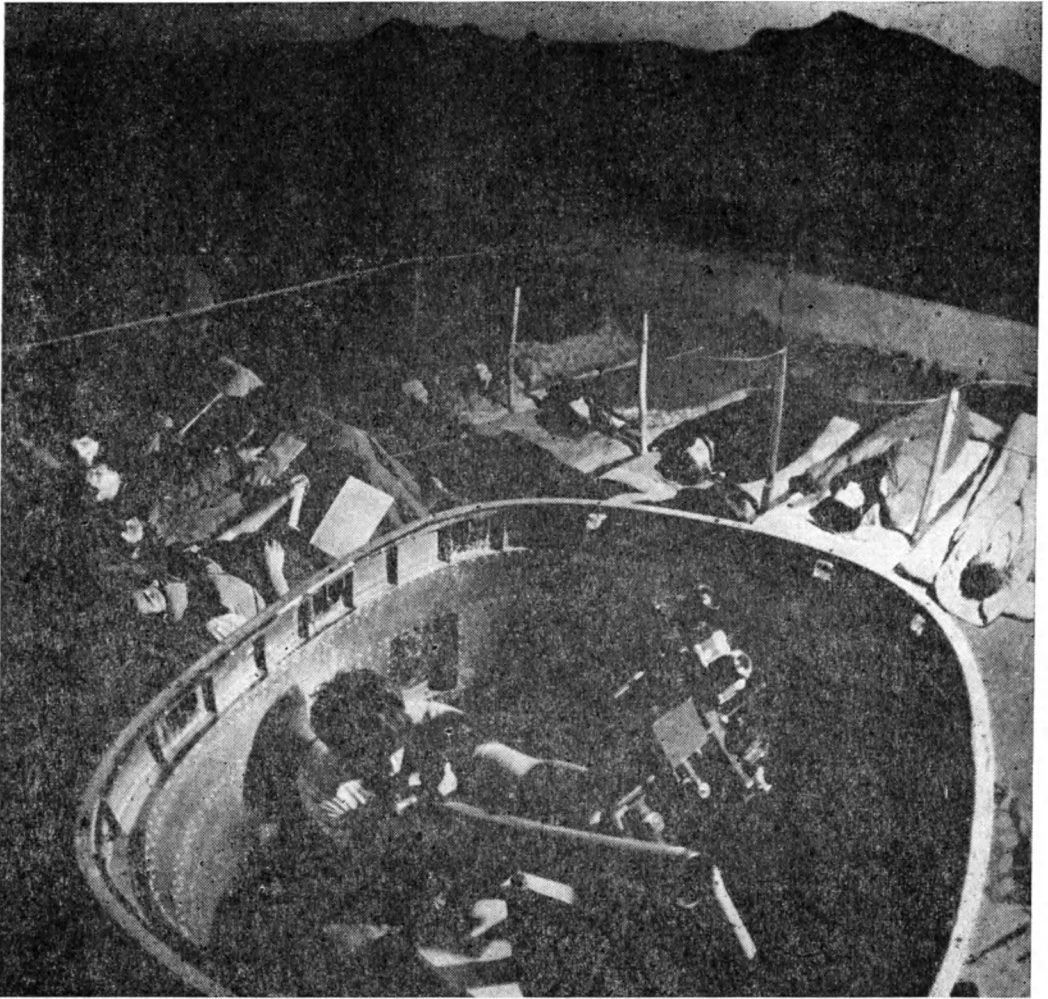
персеид по звездным величинам для 1—15 августа, зарегистрированных группами в Слюдянке и на горе Ворон (см. таблицу 2).

Обычно количество персеид с уменьшением их яркости на 1 звездную величину увеличивается в геометрической прогрессии примерно в 2—2,5 раза. Приведенное распределение показывает, что по сравнению с числом персеид  $-1 \div -3^m$ , число их ярче  $-2^m$  занижено.

Ночь 13—14 августа для наблюдателей на юге Байкала началась со вспышки прекрасного болида-персеиды  $-7^m$  в 13 ч 38 мин. Болид в течение секунды сильно дробился, ярко вспыхнул и оставил устойчивый ионизованный след. Было еще светло, и след, подсвеченный Солнцем из-под горизонта, казался оранжевым. При высоте вспышки болида, равной 25°, абсолютная яркость его могла достигать  $-8 \div -9^{m1}$ . В эту ночь персеиды также летели пачками. Часто за двумя персеидами следовала третья и даже четвертая. Активность потока оставалась высокой; М. Н. Бидниченко и И. В. Крузман в Слюдянке определили  $n'_h$ , равное 78 для интервала 14 ч 30 мин — 15 ч 30 мин; 50 и 40 — для последующих интервалов. А. С. Майдик в Новотроицком насчитал 60 метеоров в час (20—21 ч). Д. В. Шортов, М. А. Китин, А. С. Левина на горе Ворон, считая персеиды в зенитной области, получили следующие значения  $n'_h$ : 52, 48,

ТАБЛИЦА 2

$m$	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
число персеид	1	2	—	1	2	7	23	62	101	369	624	546	171	25



Группа наблюдателей  
на площадке Судакской  
метеорной станции

67 и 48 — для интервала 19—23 ч. 13 августа многим крымским наблюдателям также повезло: в 20 ч 17 мин они стали свидетелями появления болида-персеиды —  $6 \pm 1^m$ .

Обработав с помощью микрокалькулятора наблюдения, проведенные методом многократного квалифицированного счета с пунктов «Слюдянка» и

«Ворон», Д. В. Шортов и А. И. Грищенко получили истинное распределение персеид по звездным величинам и определили пространственную плотность частиц в рое Персеид (см. статью Р. Л. Хотинка «О визуальных наблюдениях численности метеоров» — Земля и Вселенная, 1980, № 1). Оказалось, что в среднем число персеид с уменьшением яркости на  $1^m$  увеличивается в 2,2—2,3 раза, а среднее расстояние между ними 12—13 августа было 317 км. Обработка

наблюдений позволила выявить в рое Персеид струи метеороидов различных размеров.

Во время экспедиций две специально подготовленные группы опытных наблюдателей вели исследования с целью изучить структуру радиантов потока. В итоге был сделан вывод, что более 80% персеид принадлежат центрам радиации главного радианта. Только небольшое число метеоров можно отнести к побочным радиантам близ  $\gamma$ ,  $\chi$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\zeta$  и  $\phi$  Персея. Координаты глав-

ного радианта 12—13 августа:  $\alpha=46,0\pm 1^\circ$ ;  $\delta=57,6\pm 1^\circ$ .

12—13 августа и в другие ночи в Слюдянке и Крыму отмечено необычно много метеоров из других потоков (14—18 метеоров в час на одного наблюдателя). Иногда в одну минуту регистрировалось несколько метеоров, летящих как бы наперерез персеидам. Бывало и так, что метеоры фона появлялись одновременно с пачкой персеид! Например, в 21 ч 18 мин за одну минуту появилось 18 метеоров, из них — 3 метеора фона. Это действовали потоки с радиантами в созвездиях Дракона, Пегаса, Кассиопеи, Цефея, Лебедя. Одним из самых активных — был поток  $\chi$ -Цигнды.

Из ярких болидов, не принадлежащих Персеидам, следует отметить болид над Крымом, взорвавшийся 11 августа в 23 ч 33 мин прямо в зените над пунктом «Ворон» в поле зрения наблюдателей! Он

появился вблизи  $\phi$  Рыб как метеор 2—1<sup>м</sup>, пролетел около 20°, почти «погас» до 5—4<sup>м</sup> и вдруг взорвался, вспыхнув до —2÷—4<sup>м</sup>. После первой вспышки болид снова уменьшил свою яркость до 0—1<sup>м</sup> и снова взорвался, достигнув яркости —10÷—12<sup>м</sup>! Цвет его менялся от оранжевого до белого, голубого, фиолетового... Наблюдателей, смотревших в зенит, болид буквально ослепил («глазам было больно»). Болид имел хорошо выраженную голову, хвост длиной 4°, общая длина его пути составляла 45°, продолжительность полета — около 3 сек. После него остался мощный ионизованный след —2<sup>м</sup> зелено-голубого цвета, дрейфовавший почти 3 мин. Вероятно, болид принадлежал какому-либо потоку с радиантом около  $\alpha-\delta$  Кита или  $\delta-\gamma$  Эридана. Очевидцы явления, наблюдатели в Симферополе (высота вспышки была равна 50°) оценили

его яркость более скромно (—7÷—6<sup>м</sup>).

Хотелось бы выразить благодарность всем активным наблюдателям Персеид в 1985 году. Однако нельзя не отметить, что в Крымскую метеорную станцию поступает много небрежно выполненных наблюдений. Причина тому — плохая подготовка наблюдателей, которые не умеют отличать метеоры одного потока от другого. Сказывается отсутствие постоянных тренировок. Общий недостаток — большинство наблюдателей неточно оценивает предельную звездную величину звезд, видимых в зените. А это, в конечном итоге, приводит к большим ошибкам в определении часовых чисел, в распределении метеоров потока по звездным величинам и т. д. Все эти недостатки порой сводят на нет большой труд наблюдателей, а результаты его почти полностью теряют свою научную ценность.

## Поднимется ли уровень океана?



Специальная комиссия, созданная Комитетом полярных исследований при Национальном научном фонде США для оценки тенденции изменения уровня Мирового океана, опубликовала недавно свои выводы. Потепление в глобальном масштабе, наблюдаемое ныне, действительно, ведет к некоторому повышению уровня океана. Однако прогнозы значительного его роста в будущем столетии вряд ли оправданы. Дело в том, что масса воды в Мировом океане пока не изменилась, уровень же его поднимается медленнее чем на 1 мм в год, а это можно объяснить обычным тепловым расширением воды. Комиссия, в которую вошли

климатологи, океанологи и геодезисты, считает, что к 2100 году расход снега и льда на малых ледниках, а также на Гренландском оледенении может привести к подъему уровня Мирового океана на десятки сантиметров. Изменения уровня, связанные с колебаниями Антарктического оледенения, вероятно, будут немного меньше. И все же повышение уровня океана к 2100 году в пределах 1 м полностью исключить нельзя.

Специалисты пришли к такому выводу: в будущем веке климат Земли может сильно измениться. В случае потепления в полярных областях в ближайшие 50 лет (на него

указывают модели общей циркуляции атмосферы) возникнут условия для отступления оледенения в Западной Антарктиде.

Подобный процесс способен стать необратимым; повышение же уровня моря на 5—6 м представляет серьезную опасность для населения, живущего в низменных приморских районах планеты. Правда, изменения эти растянулись бы во времени, что, конечно, облегчило бы принятие необходимых эффективных мер. Однако оценить, займет ли гипотетическое разрушение Западноантарктического оледенения столетие или тысячелетие, сейчас невозможно.

Eos, Transaction American Geophysical Union, 1985, 66, 47



Л. Л. СИКОРУК

## 150-миллиметровый телескоп-рефлектор

Среди любителей астрономии господствует точка зрения, согласно которой только телескоп, имеющий большой диаметр, может быть по-настоящему полезен. Спору нет, при прочих равных условиях телескоп с большим зеркалом дает выигрыш и в проникающей силе, и в разрешающей способности. Но, к сожалению, часто забывают о том, что диаметр объектива далеко не единственный фактор, влияющий на эффективность телескопа. Иногда 300—500-миллиметровые любительские телескопы стоят без дела, поскольку качество их оптики довольно низкое. Еще больше крупных телескопов с низким качеством механики. Это делает их пригодными разве что для разглядывания гор на Луне. Между тем астрономическая фотография в отличие от визуальных наблюдений требует особых качеств телескопа и его монтировки.

Нет смысла подсчитывать предельную фотографическую звездную величину 300-миллиметрового телескопа, если нет уверенности в том, что его монтировка позволит при длительных выдержках получать на пластинке размеры звездных изображений не более 0,03—0,05 мм. Неточность хода часового привода, неуверенное гидирование, неточная фокусировка, вибрации приведут к размыванию изображений

звезд. Предположим, что 300-миллиметровый рефлектор дает на негативе диаметры звездных изображений 0,075 вместо 0,03 мм; значит, диаметр изображений станет в 2,5, а площадь в 6,25 раза больше — и во столько же раз понизится освещенность на фотоэмульсии. Но уменьшение освещенности в 6,25 раза означает потерю в 2 звездных величины. Это равносильно замене 300-миллиметрового телескопа 120-миллиметровым с хорошей механикой. Такому чрезвычайно важному обстоятельству обычно не придают большого значения. Только так можно объяснить пренебрежительное отношение многих любителей к телескопам умеренных размеров.

Будем считать телескоп хорошим во всех отношениях, если он позволяет получать в фокусе окулярной камеры при эквивалентном относительном отверстии до 1/100 качественные фотографии поверхности Луны и планет с выдержками 5—10 с и фотографии туманностей, скоплений, галактик в ньютоновском фокусе с выдержками 1—2 часа.

Телескоп, о котором пойдет речь, удовлетворяет большинству перечисленных требований. Диаметр его зеркала 150 мм, фокусное расстояние 960 мм. Он построен в 1968 году, и вот уже 18 лет работать на нем — одно удоволь-

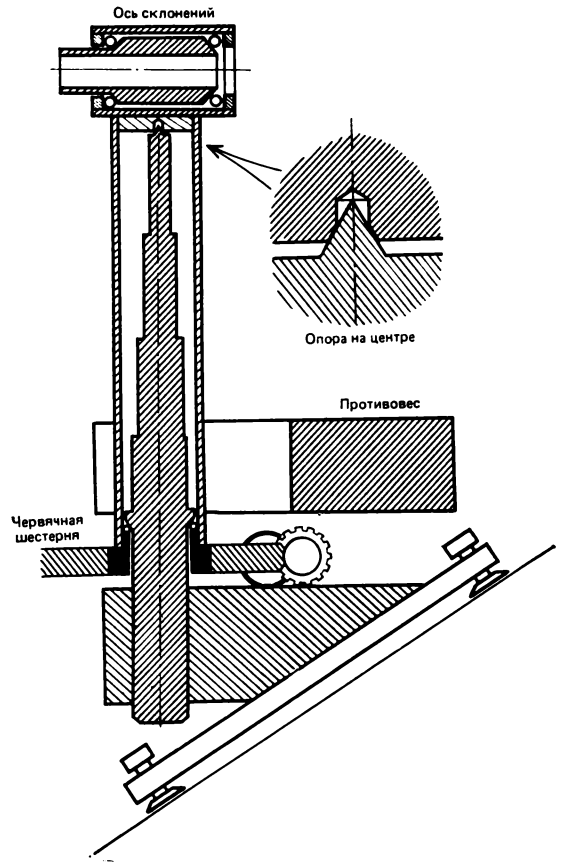
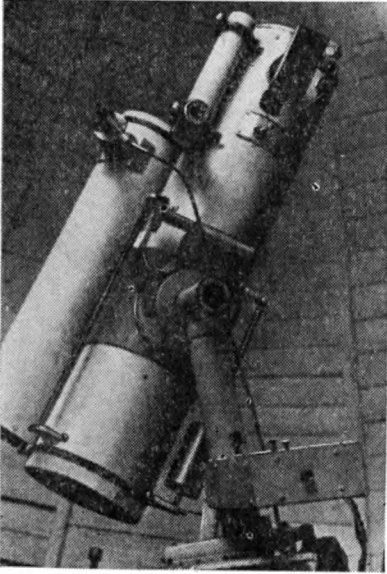
ствие. Благодаря относительно небольшой массе (менее 50 кг) телескоп стал «участником» всех загородных экспедиций Клуба любителей телескопостроения имени Д. Д. Максимова, тогда как 250-миллиметровый и 300-миллиметровый рефлекторы пылятся в мастерской клуба, там, где они были построены.

Несмотря на некоторые усовершенствования, конструкция телескопа в целом осталась неизменной. Это объясняется удачным выбором монтировки, которая пока, к сожалению, мало известна у нас в стране. Монтировка предложена около 30 лет назад А. Мейнелом и У. Бостианом (США) при проектировании 91-сантиметрового рефлектора для обсерватории Китт Пик. Позже, когда преимущества новой монтировки выяснились со всей полнотой, за рубежом появились сотни средних и малых профессиональных телескопов на такой монтировке и ее модификациях. Главная особенность монтировки в том, что полярная ось крепится к основанию своим южным концом, поэтому при переходе через меридиан телескопе не нужно переключать вокруг полярной оси на 180°. Другая особенность — противовес сильно смещен вниз, так что центр тяжести оказывается значительно ниже оси склонений. Это делает телескоп более



Гид имеет такие характеристики:  $D=100$  мм,  $F=630$  мм. Противовес расположен в нижней части полярной оси

150-миллиметровый телескоп-рефлектор системы Ньютона.



устойчивым к вибрациям. Относительно небольшая масса, хорошая жесткость, удачные механизмы тонких движений, ну и, конечно, хорошая оптика — все это делает телескоп очень эффективным в работе.

Полярная ось телескопа состоит из двух частей: неподвижной оси и подвижного корпуса, на котором крепится ось склонений, противовес и червячная шестерня часового привода. Неподвижный стержень оси выточен уступами, благодаря чему общий вес телескопа снизился на 3 кг без потери жесткости. Северный (верхний) подшипник по-

лярной оси — опора на центре, южный подшипник — насыпной. В случае возникновения люфта его можно подтянуть с помощью кольца на резьбе. Аналогичны два подшипника оси склонений.

Тормоз оси склонений — хомут с винтом. К хомуту приварена консоль, которая через винт и возвратную пружину связана с поводком на трубе.

Чтобы грубо навести телескоп по прямому восхождению, нужно отключить червяк от шестерни. Для этого один из подшипников червяка вставлен в эксцентрик, и при повороте эксцентрика специаль-

ной ручкой винт отходит от шестерни.

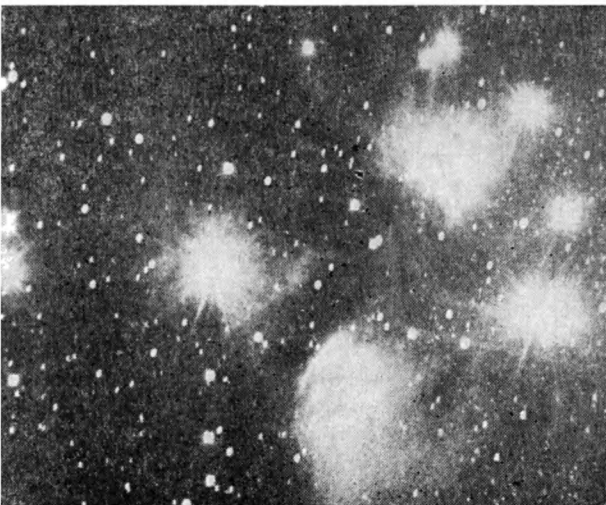
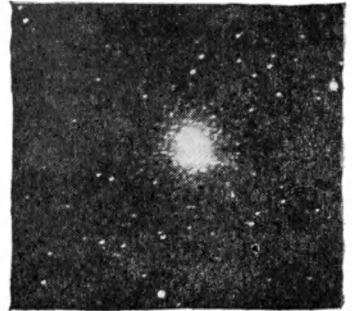
Механизм тонких движений по прямому восхождению этого телескопа, насколько известно автору, ранее нигде не применялся, хотя с точки зрения теории механизмов в нем нет ничего нового. Электродвигатель со встроенным редуктором установлен в точечном корпусе, который и служит ручкой тонких движений. В обычном положении часовой механизм ведется электродвигателем, а когда надо сделать коррекцию, достаточно повернуть корпус на нужный угол, что ускорит или замедлит ход привода.



Туманность М 31 в Андромеде.  
Справа — галактика NGC 205,  
внизу — М 32. Пленка А-500,  
экспозиция 1 час

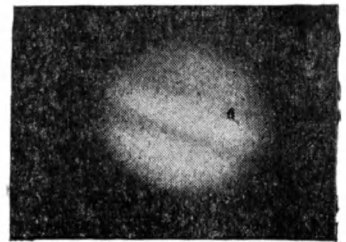


Шаровое скопление М 13.  
Пленка А-500,  
экспозиция 20 мин



Плеяды.  
Пленка А-500,  
экспозиция 1 час

Юпитер. Окулярная камера.  
Пленка «Фото-130»,  
экспозиция 1 с





Луна. Снимок получен на пленке «Фото-130» с экспозицией 0,5 с

Электродвигатель ДСМ2-П-220 (он используется в различных самописцах и программных устройствах) имеет скорость на выходном валу 2 об/мин. Вал расположен не симметрично относительно оси корпуса мотора. На передней стенке автор смонтировал еще одно звено редуктора с таким расчетом, чтобы окончательный вал оказался на оси симметрии двигателя и одно-

временно вчетверо снизилась скорость.

Для фотографирования планеты и деталей поверхности Луны построена окулярная камера с 12,5-миллиметровым объективом от 8-миллиметровой кинокамеры «Экран». Корпус окулярной камеры состоит из двух алюминиевых трубок и трех удлинительных колец к фотоаппарату «Зенит». Комбинируя трубки и кольца, можно получить различную длину окулярной камеры и 16 различных увеличений с эк-

вивалентными относительными отверстиями от 1/25 до 1/90 и фокусными расстояниями от 4 до 14 метров.

Затвор камеры установлен позади объектива в районе выходного зрачка на расстоянии примерно 10 мм. Здесь диаметр пучка света всего 2 мм и достаточно, чтобы крошечный лепесток затвора поднимался на 3—4 мм. Маленький соленоид с простой и легкой заслонкой, которая открывается во время включения соленоида — вот и весь затвор. Работает затвор от кнопки, связанной с ним легким электрокабелем.

Фокусируется камера по матовому стеклу зеркального фотоаппарата «Зенит», но при относительном отверстии около 1/100 яркость объекта так низка, что трудно уловить момент, когда изображение сфокусировано. С помощью маленького полировальника, укрепленного в сверлильном станке, на матовой поверхности коллективной линзы «Зенита» пришлось сделать небольшое пятнышко диаметром 5 мм. Через это пятнышко объект виден как в окуляр. Для более уверенного фокусирования на отполированном пятне нанесены две короткие царапины. Когда изображение хорошо сфокусировано, царапины и объект видны резко.

Если наблюдения ведутся в ньютоновском фокусе, фокусирование производится иначе. На рамку кадрового окна любого фотоаппарата, у которого откидывается задняя стенка, устанавливается нож Фуко, представляющий собой сточенную на одну сторону полоску мягкого алюминия шириной 8 мм и толщиной 2 мм. Рабочая сторона ножа

должна совпадать с плоскостью пленки. Телескоп направляется на звезду первой или второй величины, расположенную поблизости от фотографируемого объекта. Глядя на главное зеркало, приводим звезду на край ножа и фокусируем, пока не увидим на зеркале «плоский рельеф». В этот момент изображение звезды находится точно в плоскости ножа, а значит, и пленки. Теперь можно заряжать камеру и начинать экспозицию. Чтобы при проверке фокуса через 2—3 экспозиции не разряжать фотоаппарат, выточен специальный стакан, который наворачивается вместо фотоаппарата. На верхнем конце стакана — нож Фуко. Расстояние от нижней плоскости стакана до ножа должно быть равно рабочему отрезку фотокамеры с точностью 0,1—0,2 мм. Использование ножа Фуко не только самый точный способ фокусирования, но и дает возможность отказаться от пробных снимков. Это особенно важно при работе на многоцелевом телескопе, когда фотографирование в ньютоновском фокусе, визуальные наблюдения, фотографирование с окулярной камерой могут следовать друг за другом в течение одной ночи.

После завершения строительства загородной обсерватории Клуба любителей телескопостроения имени Д. Д. Максутова под куполом ее устанавливается сложный комплекс из 315-миллиметрового телескопа Ньютона, 260-миллиметровой камеры Райта, 140-миллиметровой камеры Шмидта и 140-миллиметрового



Туманность в Орионе (М 42 и М 43). Пленка А-500, экспозиция 20 мин

коронографа. Несмотря на то, что в Клубе уже построено много других сравнительно больших инструментов, а сейчас начинаются работы по строительству 620-миллиметрового телескопа, старый маленький 150-миллиметровый «ньютон» вовсе не сдается в

музей. Для него строится небольшая павильон с откатывающейся крышей, и нет сомнений, что он еще доставит немало счастливых минут членам клуба.

В заключение мне хочется поблагодарить моего хорошего друга, токаря Евгения Степановича Смышляева, который в свое время помог мне в постройке монтировки телескопа.

# Книги 1987 года

## Издательство «Знание»

12 брошюр из серии «Космонавтика, астрономия», написанных известными учеными и специалистами, получают подписчики в 1987 году. О последних достижениях советской науки в изучении космического пространства можно узнать из брошюр «Современные достижения космонавтики» и «Итоги программы „Вега“», а также из брошюр А. А. Боярчука, В. Г. Курта «„Астрон“ — космическая лаборатория» и О. Н.

Ржиги «Венера: новый этап исследований».

Некоторым проблемам астрономии посвящены публикации О. Д. Докучаевой «Фотографические методы в астрономии» и Н. Н. Самуся «Шаровые скопления».

Об истории развития космонавтики рассказывают брошюры «30 лет космической эры», брошюры Г. М. Салахутдинова «Ф. А. Цандер (к 100-летию со дня рождения)» и С. М. Алексеева «Космические скафандры вчера, сегодня, завтра».

Несомненно, читателям будет интересна и книжечка

«Космонавтика США на службе Пентагона».

Как правило, издания серии «Космонавтика, астрономия» включают приложения «Новости астрономии», «Хроника космонавтики», «Новости зарубежной космонавтики» и другие.

Подписка на брошюры принимается в отделениях связи в течение всего года.

Е. Ю. ЕРМАКОВ

## Древний океан в Северной Сибири!



На севере Западно-Сибирской низменности есть особый район — протяженная подвижная зона внутри спокойной платформы. Она клином сужается к югу и представляет собой крупнейшую аномалию в тектонике региона. Это Ямало-Пуровский авлакоген. Судя по различным данным, земная кора здесь имеет типичный субокеанический облик. Так что же: субокеаническая кора на континентальной платформе?

Проанализировав геолого-геофизическую информацию об этом районе, С. В. Аглонов (Ленинградская геофизическая экспедиция объединения Севзапгеология) выдвинул гипотезу о том, что Ямало-Пуровский авлакоген в древности был дном океана. Согласно модели, разработанной

автором, события в прошлом развивались таким образом. В конце палеозоя Урал, Таймыр и Сибирская платформа находились значительно ближе друг к другу, чем теперь. При переходе от палеозоя к мезозою между ними начал разрастаться океанический бассейн, который разобщил единый прежде континентальный массив. Палеомагнитные данные позволяют даже указать дату начала разрастания Ямало-Пуровского палеоокеана — 235 млн. лет назад. Закончилось оно 218 млн. лет назад.

Итак, гипотетический палеоокеан на севере Западно-Сибирской низменности «про-

жил» недолго — всего 17 млн. лет. Почему же он исчез? Среди нескольких возможных причин его гибели автор гипотезы называет одну — глобальную. Общий распад древнего континента Пангеи в раннем триасе привел к тому, что у Ямало-Пуровского палеоокеана появились могучие «соперники». Ведь именно в это время начали раскрываться Атлантический и Тихий океаны. Русская и Сибирская платформы, а следовательно, и континентальные массивы, разобщенные Ямало-Пуровским палеоокеаном, начали быстрое встречное движение. Ямало-Пуровский палеоокеан оказался «неконкурентоспособным» и был обречен на исчезновение.

Океанология, 1986, XXVI, 3



# Марки, посвященные М. В. Келдышу

(к 75-летию со дня рождения)

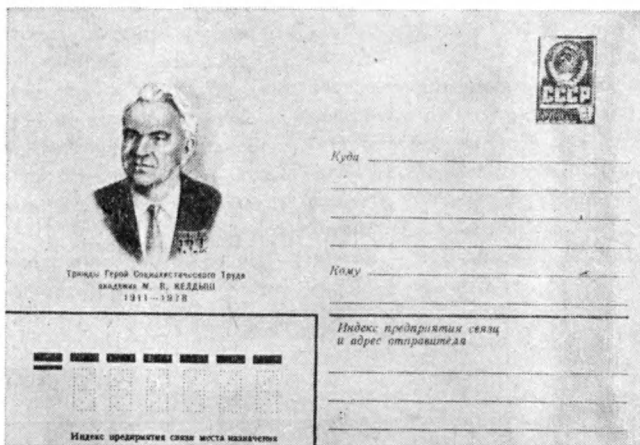
Современные филателистические коллекции, отражающие космические исследования, не обходятся без почтовых изданий, выпущенных в честь трижды Героя Социалистического Труда академика Мстислава Всеволодовича Келдыша (1911—1978). Имя Келдыша неразрывно связано со многими этапными событиями в истории советской космонавтики. Вот почему в рамках тематической коллекции марки об этом выдающемся ученом позволяют уяснить все основные направления развития советской космонавтики.

Министерство связи СССР посвятило М. В. Келдышу почти десять почтовых выпусков: марки, маркированный конверт, конверты первого дня, штемпеля специального почтового гашения. Впервые марка о М. В. Келдыше поступила в почтовое обращение 24 ноября 1980 года. Она вышла в серии «Научно-исследовательский флот СССР». На марке — порт-

рет ученого, а также показан научно-исследовательский корабль «Академик Мстислав Келдыш» (Институт океанологии АН СССР, порт приписки — Новороссийск). В день выпуска марки она гасилась на конверте первого дня специальным сюжетным почтовым штемпелем, где изображена эмблема научно-исследовательского флота АН СССР на фоне морских

волн. Само гашение проводилось на Московском почтамте, кроме того, штемпель содержит текст — «Первый день» — на русском и французском языках.

В ознаменование 70-летия со дня рождения М. В. Келдыша Министерство связи СССР выпустило в почтовое обращение маркированный конверт (15.10.1980) с портретом ученого, специальную портретную марку (10.02.1981) и в день юбилея организовало специальные почтовые гашения, причем различными штемпелями, на Московском и Рижском почтамтах. В Москве марка гасилась на конверте первого дня со сложным рисунком — композиция которого — раскрытая книга, исследовательский микроскоп, экран телевизора, перфолента, мо-







## Новые физические объекты в астрономии

Современного читателя трудно удивить неожиданными открытиями в науке. Последние десятилетия были столь наполнены научными новостями, часто затмевающими даже самые смелые вымыслы фантастов, что наше воображение начало уже привыкать к этому потоку информации, воспринимая его как нечто само собой разумеющееся.

И все же те объекты Метагалактики, о которых рассказывается в книге доктора физико-математических наук, профессора И. Д. Новикова «Черные дыры и Вселенная», представляются поистине фантастическими не только для неискушенного читателя, но и для человека, внимательно следящего за развитием современной астрофизики. В книге выделены два основных аспекта: физика и энергетика черных дыр и структура всего окружающего нас мира. Связывает обе эти проблемы тяготение — будучи слабейшим видом взаимодействия, оно опре-



деляет тем не менее все основные свойства наблюдаемого астрономического мира, а в случае черных дыр и всей Вселенной достигает максимально возможных значений. В данном случае в корне перестраивается структура пространства и меняется течение времени. Подобные вопросы, безусловно, относятся к одним из

самых сложных. Многовековой опыт развития науки постепенно приучил к тому, что процессы, протекающие в природе, могут быть весьма сложными, но уж время и пространство, судя по всему, просты и понятны каждому. И, скорее всего, они должны относиться не столько к физике, сколько к философским категориям.

В рецензируемой книге подробно рассказано, как и почему тяготение меняет свойства времени и пространства. Разумеется, книга И. Д. Новикова — не первая попытка рассказать о столь сложных вещах. Однако многие другие издания, популяризирующие современную теорию тяготения, зачастую трудно признать удовлетворительными. Они либо совершенно непонятны непрофессионалу, либо содержат такое количество ошибок и неверных утверждений, что приносят больше вреда, нежели пользы в деле пропаганды современных достижений физики.

дель атома — и все это на фоне условного изображения космоса. Гашение проводилось специальным штемпелем, с текстом «Первый день» — на русском и французском языках; штемпель стандартного образца, с календарной переводной датой. В тот же день, 10 фев-

раля 1981 года, юбилейное гашение выполнялось и на Рижском почтамте, в городе, где родился М. В. Келдыш, но использовался особый художественный штемпель: модель атома и лавровая ветвь; слово «Рига» — на русском и латышском языках.

В заключение заметим, что именем академика М. В. Келдыша назван кратер на Луне. Поэтому правомерно включать в раздел космической филателии, посвященный Келдышу, и такие марки СССР и Румынии, где имеется изображение соответствующей карты Луны.

На мой взгляд, одно из основных достоинств книги И. Д. Новикова в том, что она написана понятно, да еще к тому же очень живо и увлекательно. В ней говорится не только о самой науке, но и о людях, которые ее создавали. Этому способствовали два обстоятельства: во-первых, сам автор книги — один из ведущих специалистов по теории тяготения и ее применениям в астрофизике. Им лично, а также в соавторстве написаны научные монографии, переведенные во многих странах. Поэтому мы получаем материал, что называется, из первых рук, а это всегда имеет очень большое значение. Во-вторых, у автора солидный опыт популяризаторской и педагогической работы: перу И. Д. Новикова принадлежат и другие популярные книги; кроме того, он много выступает с лекциями, по радио и телевидению, редактирует различные издания. Это во многом и определило успех новой работы.

Книга состоит из двух частей. В первой рассказывается о небесных телах, гравитационное поле которых столь сильно, что не выпускает даже свет. Они получили название «черных дыр». Хотя черные дыры были предсказаны еще в конце XVIII века П. С. Лапласом, задолго до создания А. Эйнштейном современной теории тяготения, серьезное внимание физиков и астрономов они привлекли только во второй половине нашего столетия. Автор книги был одним из тех, кто участвовал в создании теории черных дыр. Вместе с академиком Я. Б. Зельдовичем И. Д. Новиков показал, что такие объекты могут быть открыты во Вселенной в том случае,

если они входят в состав тесной двойной системы, составляя пару с обычной звездой. Тогда газ из атмосферы нормальной звезды будет перетекать на черную дыру, закручиваться вокруг нее в гигантском поле ее тяготения, разогреваться и давать рентгеновское излучение. В книге рассказывается об удивительных событиях, которые могут происходить в окрестности черной дыры, таких, например, как рождение фотонов или нейтрино из пустоты, а также о еще более необыкновенных событиях внутри черной дыры, откуда нет выхода вовне и где время «перепуталось» с пространством.

Во второй части книги говорится о строении и эволюции окружающей Вселенной. Особо будоражит воображение тот факт, что мы живем во взрывающейся Вселенной. Этот взрыв произошел около 20 млрд. лет назад, а основные свойства наблюдаемой нами сегодня Вселенной были «заложены» в первые минуты или даже мгновения ее «рождения». Доступное изложение всего этого круга вопросов — нелегкая задача, но И. Д. Новиков с ней успешно справился.

Очень важно, что автор везде, где это необходимо, подчеркивает связь космологии (науки о Вселенной) с данными астрофизических наблюдений. Наши знания о далеком прошлом Вселенной и о ее сегодняшней структуре, имеющее большое мировоззренческое значение, основаны на наблюдательных данных и законах физики и ни в коем случае не должны восприниматься как следствие каких-то абстрактных рассуждений. Решающую роль

сыграло открытие «реликтового» излучения — слабого радиоизлучения, возникшего в начале взрыва Вселенной и несущего сведения о первых мгновениях ее существования. В свое время И. Д. Новиков и А. Г. Дорошкевич предсказали возможность открытия такого излучения. Год спустя реликтовое излучение было случайно открыто А. Пензиасом и Р. В. Вилсоном (США), получившими за это выдающееся открытие Нобелевскую премию.

Содержание книги отнюдь не ограничивается проблемами, связанными непосредственно с черными дырами. Автор ведет рассказ и о далеком прошлом, и о вероятном далеком будущем нашей Вселенной, и еще о многих важных физических процессах, с которыми сталкиваются ученые, исследуя глубины мироздания.

Следует отметить и удачное включение прекрасных стихотворных отрывков в текст, создающих определенный эмоциональный фон повествования, а также оригинальные иллюстрации К. Мошкина.

В целом книга заслуживает самой высокой оценки, ее с пользой и удовольствием прочтут все, кто интересуется современной астрономией и физикой. Книга И. Д. Новикова «Черные дыры и Вселенная» — безусловный успех автора в деле популяризации науки.

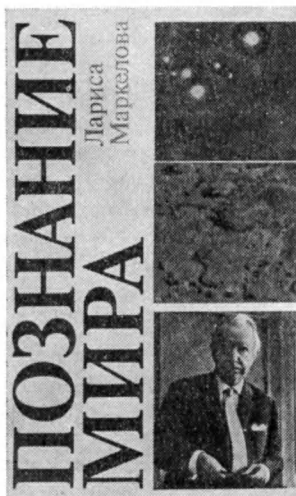


## Книга о замечательном ученом

Издательство «Московский рабочий» выпустило книгу «Познание мира», принадлежащую перу научного журналиста Л. П. Маркеловой. Это летопись жизни и научных достижений одного из крупнейших советских ученых-естествоиспытателей — дважды Героя Социалистического Труда академика Александра Павловича Виноградова. Книга написана с глубоким знанием дела и отражает литературный опыт автора.

Многолетняя совместная работа с Александром Павловичем позволяет мне судить, насколько удалось автору понять и прочувствовать те необычные стороны личности такого во многом уникального человека, как Виноградов, и дать представление о многообразии его научных интересов. Думаю, что прочитав ее, можно получить достаточно полное представление об этом замечательном ученом, круг интересов которого — едва ли не все науки о Земле и планетах Солнечной системы.

К созданию книги Л. П. Маркелова шла в течение многих лет, постепенно накапливая материал, собирая отдельные публикации о нем — очерки, интервью. Как научный журналист автор многое почерпнула из бесед не только с Виноградовым, но и с другими крупными учеными, так или иначе знавшими его, а также из раз-



говоров с его сотрудниками, учениками. Все это позволило сделать повествование живым и достоверным.

С интересом читаются страницы о взаимоотношениях между А. П. Виноградовым и его учителем, выдающимся ученым В. И. Вернадским. Особенно яркое представление об этих взаимоотношениях дают фрагменты из переписки ученых, бесценное эпистолярное наследие Вернадского. Поражает особый дар Вернадского вести диалог на равных, даже тогда, когда он имеет дело с человеком, лишь начинающим самостоятельный путь в науке. Думается, от своего учителя такую черту воспринял и Александр Павлович, обладавший способностью ненавязчиво

поддержать и направить растущего специалиста.

С интересом читается раздел книги, озаглавленный «КЕПС». Речь здесь идет о Комиссии по изучению естественных производительных сил России, которой «суждено было сыграть важную роль в жизни Советского государства, став первой моделью теснейшего союза науки и производства». На базе отдела живого вещества в КЕПС образуется Биогеохимическая лаборатория — отсюда и ведет свое начало созданный А. П. Виноградовым Институт геохимии и аналитической химии.

Для творческого пути Виноградова характерно стремление к синтезу наук о Земле. Это отчетливо прослеживается в книге. И такой синтез был бы неполон без науки об океане. Изучение гидросферы Земли занимает важное место в научных интересах Виноградова. Пример тому — монография «Введение в геохимию океана». В основе монографии — кропотливая работа на борту научно-исследовательского судна, лабораторные исследования, тщательное моделирование, дискуссии на Мурманской биологической станции. Шаг за шагом все яснее, подробнее становится картина взаимосвязанной системы твердой, жидкой и газообразной оболочек Земли, их образование и эволюция, картина исто-

рии и развития планеты как частицы космоса. Но обобщения будут позже, а сначала мы застаем исследователя за... изучением содержания химических элементов в морских организмах. На первый взгляд — работа локального значения, однако она быстро обратила на себя внимание не только в нашей стране, но и за рубежом.

Известна и другая сторона научной деятельности ученого — Виноградов снискал мировое признание как великолепный химик-аналитик. В таком качестве, и это впервые показано именно в книге Л. П. Маркеловой, Виноградов сотрудничает с ведущими специалистами, занимающимися практическим использованием атомной энергии. Тесные деловые связи с И. В. Курчатовым переходят затем в настоящую дружбу. Автор находит нужные краски, чтобы показать и взаимоотношения Виноградова с президентом Академии наук Мстиславом Всеволодовичем Келдышем. Эти отношения становятся особенно добродетельными, дружескими, когда Александра Павловича избирают вице-президентом АН СССР. Впечатляет описание совместной поездки их на Дальний Восток для организации Дальневосточного центра Академии наук, посещают они и Камчатку, где природные условия позволяют «непосредственно» изучать глубокие вулканические и гидротермальные процессы. Идея организации Дальневосточного научного центра, выдвинутая Виноградовым, отражает его постоянное стремление собирать воедино научные силы и разные научные направления, с тем, чтобы наилучшим

образом осуществлять проведение практически важных работ.

На рубеже 40—50-х годов наступил период создания гигантских ускорителей элементарных частиц. Начали изучать структуры сложных ядер и механизм взаимодействия элементарных частиц со сложными ядрами, синтезировать более тяжелые трансурановые элементы, не существующие в природных объектах. Поскольку на ускорителях фактически моделировались процессы, происходящие при взаимодействии ядер высоких энергий, это открыло реальную возможность попытаться на экспериментальной основе решить проблему происхождения химических элементов. То был крупный шаг в дальнейшем развитии космохимии.

Вот что писал в ту пору А. П. Виноградов: «Следует сказать, что проблема происхождения химических элементов, изотопов в недрах звезд пока еще решается астрофизиками теоретическим путем. Одновременно физики и химики, уже частично осуществившие синтез элементов и создавшие около 15 новых элементов, тем самым поставили на экспериментальную основу проблему происхождения химических элементов. Несомненно, что... успешно будет решена и эта проблема, давно волновавшая умы великих ученых».

И больше чем кого бы то ни было эта проблема волновала самого Александра Павловича. Возвращаясь к тем временам, мы можем встретить интереснейшие основополагающие работы, посвященные исследованию процессов ядерных превращений при бомбар-

дировке элементов среднего атомного веса (например, меди) частицами высоких энергий, процессов деления тяжелых элементов — висмута, тория, урана, наконец, труды, посвященные таким космохимическим проблемам, как изотопный состав Земли и метеоритов, происхождение изотопов редкоземельных элементов в веществе Солнечной системы.

Хотя в целом проблема происхождения химических элементов еще далека от своего решения, работы, которые были в свое время развернуты под руководством А. П. Виноградова, сыграли важную роль в развитии представлений о процессах, происходящих в недрах звезд при зарождении химических элементов.

Наступила эпоха космических полетов. Открылись принципиально новые возможности решения многих фундаментальных проблем и прежде всего — в космохимии, планетологии и даже геологии. Объектом особого внимания А. П. Виноградова была Венера. Он уделял много сил подготовке экспериментов и созданию приборов для оснащения советских межпланетных автоматических станций, направляемых к Венере. В книге Л. П. Маркеловой справедливо отведено должное место «Венере-4», ибо первый пуск рукотворного аппарата в атмосферу ближайшей к Земле планеты произвел громадное впечатление во всем мире. То было начало триумфальных полетов к Венере советских межпланетных станций, существенно повлиявших на развитие новых представлений об истории формирования и современном

строении этой планеты.

В 60-е годы начался штурм Луны. Естественный спутник Земли всегда интересовал Александра Павловича. Ученый видел в нем объект ранней истории нашей планеты. Вот почему так важно было разобраться во внутреннем строении Луны и составе ее поверхностных пород.

Читаю раздел, озаглавленный «Вот он, лунный грунт!», и в памяти всплывает тот первый день — пожалуй, его можно назвать историческим, — когда в руководимую мной лабораторию ГЕОХИ АН СССР поступили образцы лунного грунта, доставленные на Землю станцией «Луна-16». «Этому моменту, — справедливо отмечает автор, — предшествовала вся история геохимического изучения Земли». Позднее мы свьклись с такой возможностью лабораторного исследования внеземного вещества, сравнительный анализ стал чем-то почти обыденным. Но тогда!... Нельзя было без глубокого волнения наблюдать эту плотную пирамидку высотой два сантиметра, насыпанную из воронки у маленькой стеклянной стенки. (Когда стенку убрали, грунт сохранил ее отпечаток, не рассыпаясь и не образуя угол естественного откоса.) Необыкновенные свойства реголита позволили с большой наглядностью объяснить здесь, в земной лаборатории, почему в Море Спокойствия, Океане Бурь и в Море Изобилия на Луне навсегда остались следы людей и роботов.

Автор подробно и популярно пишет об этапах исследования лунного грунта, об интересных прогнозах и выводах, сделанных Александром Пав-

ловичем Виноградовым в процессе изучения лунного вещества.

Хорошо дополняет повествование чисто биографическая часть, без нее трудно было бы понять характер героя книги, а характер, естественно, отразился на всей его научной жизни. Автор создает яркий запоминающийся образ ученого, дает картину его окружения. Хотя при этом и встречаются кое-где излишние, по-видимому, домысливания некоторых обстоятельств из личной жизни А. П. Виноградова и его коллег.

Рассказ об А. П. Виноградове был бы неполным без заключительной части, озаглавленной «Долголетие идей». В основе ее — довольно обширный материал последних лет (уже после ухода из жизни Виноградова). Здесь говорится о дальнейшем развитии космохимии и планетологии, в котором огромную роль сыграли полеты новых советских автоматических станций, оснащенных более совершенными исследовательскими приборами, тут же приводятся интересные комментарии члена-корреспондента АН СССР В. Л. Барсукова, академика Р. З. Сагдеева, рассказывается об успехах в изучении Солнечной системы и структуры Вселенной в целом. И хотя основные этапы развития геохимии и космохимии даны со знанием существа дела, вместе с тем в изложении отдельных научных вопросов имеются некоторые терминологические неточности, что, впрочем, не снижает общего положительного впечатления, остающегося по прочтении книги.



## Исследуется центр Галактики

Американские и европейские ученые на 100-метровом радиотелескопе в Эффельсберге (ФРГ) провели наблюдения волоконистых радиоструктур, располагающихся перпендикулярно плоскости Галактики и находящихся на расстоянии порядка 30 пк от центра. Выяснилось, что исследуемая область имеет вид центрального сгущения (ядра), из которого исходят струеподобные «лепестки». Ядро и «лепестки» симметричны относительно дугообразных волоконистых структур, расположенных над плоскостью Галактики и под ней. Симметричная картина данной области наводит на мысль, что внутри галактического центра находится активное ядро.

Японские ученые (Токийская астрономическая обсерватория) считают: такие струеподобные «лепестки» обусловлены механизмом магнитодинамического ускорения. Вращение диска сжатого газа вызывает эффект магнитного закручивания: плазма в пределах конуса ускоряется по спирали, что и приводит к образованию наблюдаемых «радиолепестков».

Результаты исследований говорят о существовании в центре нашей Галактики динамических процессов, аналогичных тем, что происходят в ядрах далеких радиогалактик, хотя по масштабу и интенсивности эти процессы заметно отличаются.

Кандидат физико-математических наук

Л. В. ТИМОШЕНКО



ОТВЕТЫ  
НА ВОПРОСЫ  
ЧИТАТЕЛЕЙ

На вопрос нашего читателя редакция попросила ответить научного сотрудника Института теоретической астрономии АН СССР Л. И. ЧЕРНЫХ.

## Малая планета «Курск»

Летом 1983 года я обратился к директору Крымской обсерватории академику А. Б. Северному с просьбой назвать один из открытых на этой обсерватории астероидов «Курском» — в честь 950-летия основания города и 40-летия Курской битвы. Вскоре я получил письмо от сотрудника обсерватории, известного открывателя малых планет Н. С. Черных, в котором он сообщил мне, что постарается удовлетворить мою просьбу. Свое обещание Николай Степанович выполнил: теперь существует малая планета «Курск».

Мне, как и многим жителям Курска, хотелось бы больше узнать об астероиде, названном именем нашего города: каков его номер по каталогу, элементы его орбиты, примерные размеры и физические характеристики, как близко он подходит к Земле.

Прошу редакцию журнала «Земля и Вселенная» рассказать о новом астероиде.

Председатель  
Курского отделения ВАГО  
доцент  
Ю. Н. КЛЕВЕНСКИЙ

13 июля 1984 года Международный планетный центр зарегистрировал открытие астероида с порядковым номером 3073, который по предложению его первооткрывателя — старшего научного сотрудника Крымской астрофизической обсерватории АН СССР Н. С. Черных — назвали «Курск».

Как был открыт этот астероид и что он собой представляет? Малая планета 3073 Курск обнаружена 24 сентября 1979 года на снимках, полученных на двойном 40-сантиметровом астрографе Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. В момент открытия астероид находился в созвездии Овна и был виден как звезда  $16,5^m$ , медленно перемещающаяся в юго-западном направлении. Наблюдения за ней продолжались в течение двух месяцев. После публикации полученных в Крыму результатов наблюдений, американский ученый Конрад Бардвелл вычислил предварительную орбиту новой планеты и составил таблицы ее видимости на будущие годы. В 1984 году астрономам двух американских обсерваторий, Гарвардской и Лоувеллской, удалось наблюдать эту

малую планету довольно продолжительное время (с 8 февраля по 31 марта). Анализируя старые данные, полученные в разные годы, Бардвелл установил, что крымские астрономы наблюдали ее еще в 1969 году, 11 и 13 ноября. Но тогда видимость была непродолжительной, и планету потеряли. По всей совокупности наблюдений в 1969, 1979 и 1984 годах Бардвелл уточнил предварительную орбиту новой малой планеты, после чего Международный планетный центр внес этот объект в каталог малых планет с надежно определенными орбитами.

Астероид 3073 «Курск» — холодное небесное тело диаметром около 7 км. Он движется во внутренней зоне кольца астероидов по эллиптической орбите с эксцентриситетом  $e=0,137$ . Его среднее расстояние от Солнца составляет 2,242 а. е. или 336 млн. км. Период обращения вокруг Солнца — 3 года 3 месяца, наклон плоскости орбиты астероида к плоскости эклиптики —  $5,04^\circ$ . В оппозиции малая планета «Курск» приближается к Земле на расстоянии от 0,935 а. е. (140 млн. км) в перигелии — до 1,549 а. е. (232 млн. км) в афелии. Ближайшая околоперигелийная оппозиция предстоит 28 декабря 1986 года. Малая планета «Курск» будет в тот момент находиться в созвездии Близнецов, около звезд  $\gamma$  и  $\xi$  созвездия и станет видна как звездочка  $15,0^m$ .

Сдано в набор 18.06.86. Подписано к печати 18.08.86. Т-15241. Формат бумаги  $70 \times 100^{1/16}$ .  
Высокая печать. Усл.-печ. л. 9,03. Уч.-изд. л. 11,8. Усл. кр.-отт. 439 тыс. Бум. л. 3,5.  
Тираж 40 000 экз. Заказ 2699. Цена 65 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука».  
103717, ГСП, Москва, К-62, Подосенский пер., д. 21.

2-я типография издательства «Наука», 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 6



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

# Земля и Вселенная

• СЕНТЯБРЬ • ОКТЯБРЬ • 5/86

## Редакционная коллегия:

Главный редактор  
доктор физико-математических наук  
Д. Я. МАРТЫНОВ

Зам. главного редактора  
член-корреспондент АН СССР  
Ю. Д. БУЛАНЖЕ  
Зам. главного редактора  
кандидат педагогических наук  
Е. П. ЛЕВИТАН  
Академик  
Г. А. АВСЮК  
Доктор географических наук  
А. А. АКСЕНОВ  
Кандидат физико-математических наук  
В. А. БРОНШТЭН  
Доктор юридических наук  
В. С. ВЕРЕЩЕТИН  
Кандидат технических наук  
Ю. Н. ГЛАЗКОВ  
Доктор технических наук  
А. А. ИЗOTOV  
Доктор физико-математических наук  
И. А. КЛИМИШИН

Доктор физико-математических наук  
Б. Ю. ЛЕВИН  
Кандидат физико-математических наук  
Г. А. ЛЕЙКИН  
Доктор физико-математических наук  
Л. И. МАТВЕЕНКО  
Доктор физико-математических наук  
А. В. НИКОЛАЕВ  
Доктор физико-математических наук  
И. Д. НОВИКОВ  
Доктор физико-математических наук  
Г. Н. ПЕТРОВА  
Доктор физико-математических наук  
М. А. ПЕТРОСЯНЦ  
Доктор физико-математических наук  
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ  
Доктор физико-математических наук  
Ю. А. РЯБОВ  
Кандидат технических наук  
Г. М. ТАМКОВИЧ  
Доктор физико-математических наук  
Г. М. ТОВМАСЯН  
Доктор технических наук  
К. П. ФЕОКТИСТОВ

---

Художественный редактор **Е. А. Проценко**

Корректоры: В. А. Ермолаева, Л. М. Федорова

---

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

**Первую и четвертую** страницы обложки  
оформил А. В. Хорьков

---

Телефоны: 227-02-45, 227-07-45

Номер оформили: А. Г. Калашникова, А. В. Хорьков, Е. К. Тенчурина

---



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 65 КОП.

ИНДЕКС 70336

# Земля и Вселенная

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●  
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО  
ПРОСТРАНСТВА ●

# 5/86