



Земля и Вселенная

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА ●

1/84



«Венера-15» и «Венера-16» на орбите вокруг Венеры

Советской космонавтикой сделан новый шаг в исследовании планет Солнечной системы — две межпланетные автоматические станции «Венера-15» и «Венера-16» стали спутниками планеты Венера.

Станция «Венера-15» была запущена 2 июня 1983 года. 10 июня и 1 октября в соответствии с программой полета проводились коррекции траектории движения станции. 10 октября станция была переведена на вытянутую эллиптическую орбиту искусственного спутника Венеры с периодом обращения 24 часа.

Станция «Венера-16» была выведена на межпланетную траекторию 7 июня 1983 года, 15 июня и 5 октября проводились коррекции траектории движения станции. 14 октября «Венера-16» перешла с межпланетной траектории на орбиту искусственного спутника Венеры с периодом обращения около 24 часов.

Новые искусственные спутники Венеры проводят комплексные дистанционные исследования поверхности планеты и ее атмосферы. Один из основных экспериментов, осуществляемых с борта «Венеры-15» и «Венеры-16», — радиолокационное картографирование поверхности северного полушария Венеры. Сообщение о первых предварительных результатах радиолокационной съемки недоступных для наблюдений с Земли приполярных участков поверхности планеты публикуются в этом номере журнала (с. 2).

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

Земля и Вселенная

• ЯНВАРЬ • ФЕВРАЛЬ • 1/84

В номере:

Ржига О. Н.— Взгляд сквозь облака 2
Тамкович Г. М.— Остановить милитаризацию космоса 8

Котляков В. М.— Современная гляциология 13
Гросвальд М. Г.— Ледники и океан 18
Кренке А. Н.— Ледники и климат 23
Глазовский А. Ф.— Ледники и земная кора 29

Яцкив Я. С., Чурюмов К. И.— Международная программа наблюдений кометы Галлея 35
Симоненко А. Н.— Штрихи предыстории Солнечной системы 40

ЛЮДИ НАУКИ

Памяти Николая Александровича Козырева 50
Баландин Р. К.— Александр Евгеньевич Ферсман 52

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Сурдин В. Г.— Строение галактик и звездообразование 59

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

Коротцев О. Н.— Космические двойники топонимов СССР 65

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Гаген-Торн В. А.— Пленум СПАК на Украине 67

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Говоруха Л. С.— Что такое Арктида? 70

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Баженов А. Г., Лебедев А. П.— «Искра-1»: оптические наблюдения 77

МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРЫ В ПРАКТИКЕ ЛЮБИТЕЛЯ

Белый Ю. А.— Первое знакомство 81

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

Кострикина З. И.— Экскурсия в космос 87

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ 91

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Лесков Л. В.— Космические исследования и паранаука 93

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

На орбите «Салют-7» [6]; Движение газа в эллиптических галактиках [34]; СССР — Франция: астрофизические эксперименты [48]; Из каких звезд образуются белые карлики? [49]; Возраст и научная работа [51]; Расстояние до галактики М 33 [62]; Кеплер и парадокс Ольберса [63]; В память о ракетных стартах [63]; Увлечь ребят астрономией [68]; Наблюдения Орионид в 1982 году [85]; Новые книги [96].



Взгляд сквозь облака

Советские автоматические станции «Венера-15» и «Венера-16» впервые в мире получили радиолокационные изображения северной приполярной области Венеры. На них видны детали рельефа размером всего в несколько километров.

На протяжении двух последних десятилетий планета Венера интенсивно исследуется с помощью научных приборов, установленных на космических аппаратах. Полеты советских и американских межпланетных станций позволили воссоздать детальную картину физических условий на поверхности, в атмосфере и околопланетном пространстве Венеры. И в то же время мы пока не располагаем обычной картой поверхности Венеры, хотя такие карты составлены для Луны, Марса и даже Меркурия.

Парадоксальное, на первый взгляд, положение объясняется оптической непрозрачностью атмосферы Венеры, препятствующей прямому фотографированию ее поверхности с Земли и с орбиты искусственного спутника. Но для радиоволн определенной длины атмосфера прозрачна, благодаря чему удалось получить первые сведения о поверхности Венеры.

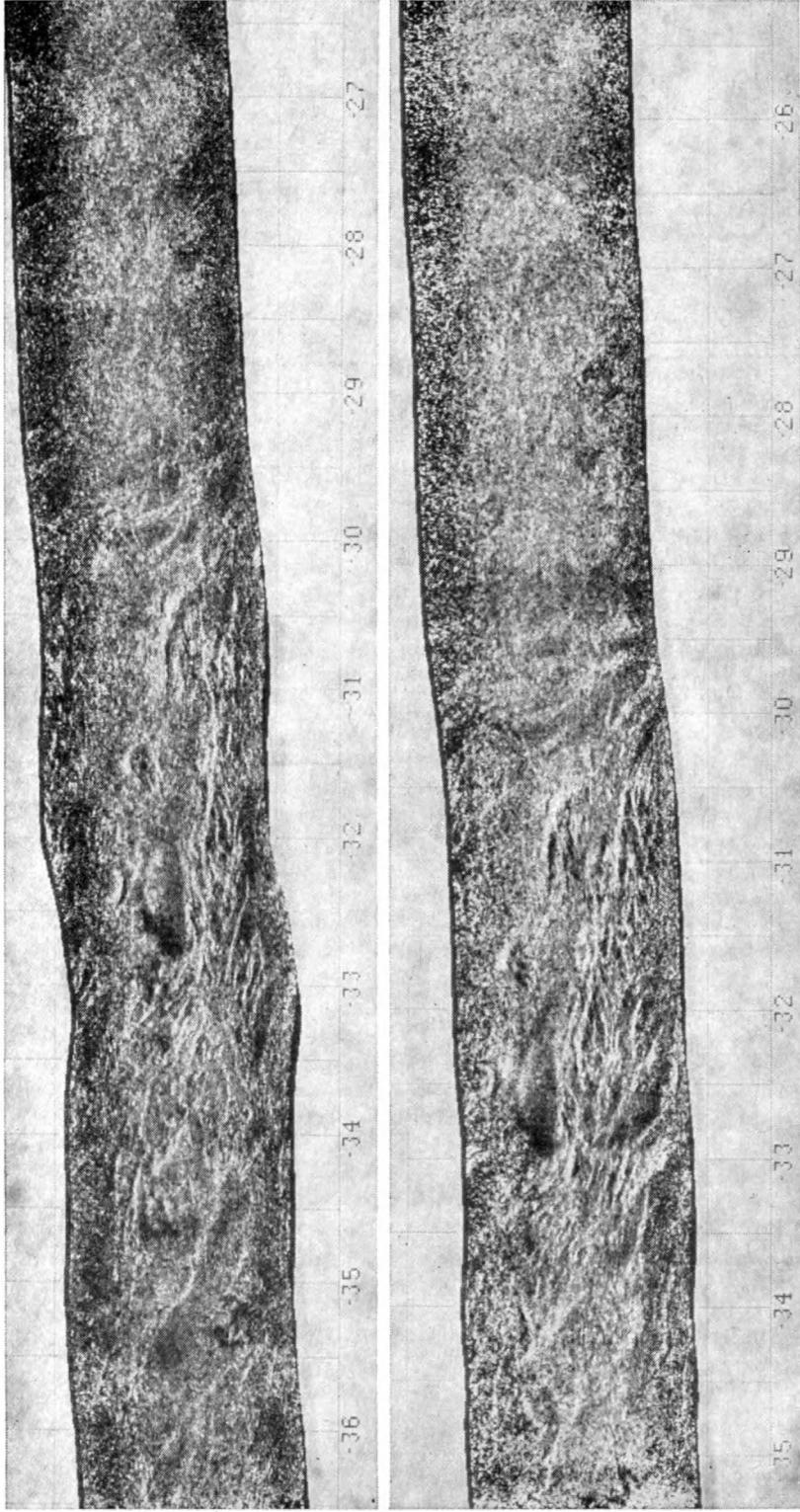
Еще в 60-х годах при анализе спектра отраженного Венерой радиосигнала были обнаружены обширные области ее поверхности, рассеивающие радиоволны более интенсивно, чем окружающая местность. Это стало первым указанием на неоднородность поверхности планеты. Впоследствии на крупнейших американских радиолокационных установках в Аресибо и Голдстоуне были получены в период нижнего соединения изображения обращенного к Земле полушария Венеры с пространственным разрешением 10—20 км (Земля и Вселенная, 1982, № 1,

с. 8.—Ред.). В 1980 году с помощью радиовысотомера американской межпланетной станции «Пионер—Венера» была построена карта высот (гипсометрическая карта), охватывающая поверхность Венеры между 60° южной и 75° северной широты (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 16.—Ред.). Профили высот измерялись через 50—150 км, поэтому на карте видны детали континентального масштаба. Горные хребты, кратеры, рифтовые долины оказались неразличимы, как неразличимы эти детали и на Луне при наблюдении с Земли невооруженным глазом.

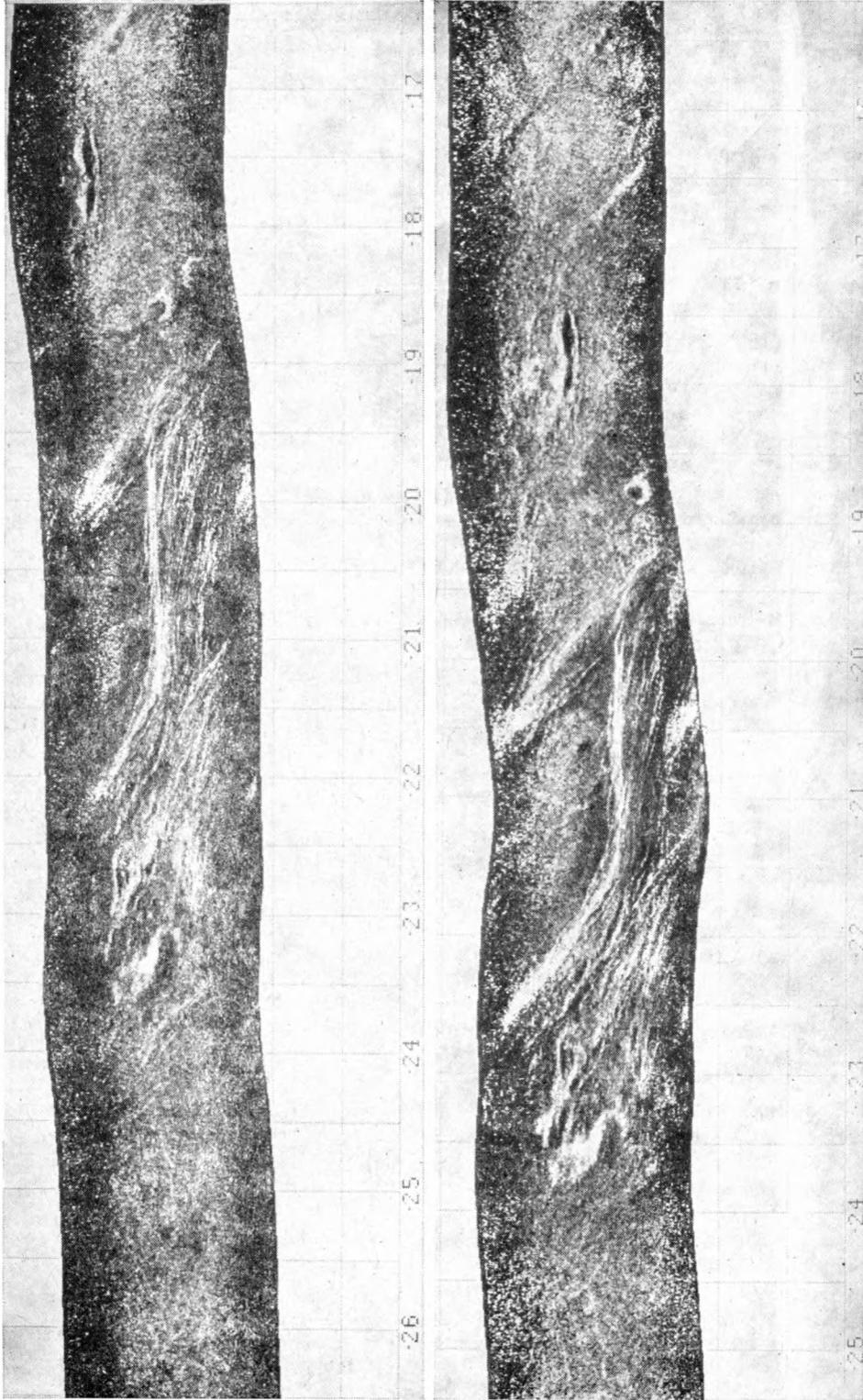
Между тем ученых, занимающихся происхождением и развитием планет, интересует вопрос: сейчас Венера столь же геологически активна, как Земля, или мертва, как Луна или Меркурий?

Главной целью космического эксперимента, ведущегося автоматическими межпланетными станциями «Венера-15» и «Венера-16», как раз и является **картографическая съемка** с пространственным разрешением 1—2 км северного полушария планеты. (Примерно с таким разрешением видны горные образования на Луне при наземных наблюдениях в крупный оптический телескоп.) «Венера-15» и «Венера-16» оснащены **радиолокаторами бокового обзора**, работающими в сантиметровом диапазоне волн. Радиолокаторы созданы особым конструкторским бюро Московского энергетического института по идеям, разработанным в Институте радиотехники и электроники АН СССР.

Как известно, разрешающая способность оптического телескопа пропорциональна отношению диаметра объектива к длине волны, на которой ведутся наблюдения. Это справедливо и для радиотелескопов. Однако обычные радиоантенны не могут обеспечить ту пространственную разрешающую способность, какую дают оптические приборы, из-за большой разницы в длине волны. Поэтому



Изображения примерно одной и той же приполярной области Венеры, полученные 16 октября 1983 года радиолокатором космического аппарата «Венера-15» (вверху) и 20 октября 1983 года радиолокатором космического аппарата «Венера-16» (внизу). Цифры означают угловое расстояние от перигея — ближайшей к планете точки орбиты станции. Их трассы проходили выше снятой полосы поверхности планеты



Радиолокационные изображения еще одного участка приполярной области Венеры, полученные космическими аппаратами «Венера-15» (вверху) и «Венера-16» (внизу)

в радиолокационной астрономии разработаны новые методы, позволяющие специальной обработкой отраженного сигнала создать (синтезировать) воображаемую антенну очень больших размеров и получить необходимую разрешающую способность.

С помощью передатчика и антенны, установленных на искусственном спутнике Венеры, радиоволнами «освещается» некоторый участок поверхности планеты сбоку от трассы полета. Детали поверхности в пределах «освещенного» радиоволнами пятна находятся на разном расстоянии от спутника и по-разному перемещаются относительно спутника. Поэтому отраженные деталями рельефа и принятые на спутнике сигналы запаздывают относительно друг друга, а вследствие эффекта Доплера различаются и по частоте. Это и используется для разделения радиоволн, отраженных отдельными деталями поверхности, и построения изображения.

Обработка отраженного сигнала и построение радиолокационного изображения ведутся в Институте радиотехники и электроники АН СССР, где создан специальный комплекс аппаратуры, оснащенный электронными вычислительными машинами. Для разделения отраженных сигналов по времени их запаздывания и доплеровскому смещению частоты впервые используется специализированное цифровое устройство, разработанное Институтом электронных управляющих машин Минприбора совместно с Институтом радиотехники и электроники АН СССР.

Во время одного прохождения искусственного спутника вблизи перигея его орбиты осуществляется радиолокационная съемка полосы поверхности шириной около 100 км и длиной 7000 км. Изображение строится с помощью фототелеграфного аппарата, причем вся полоса «режется» на куски длиной около 1000 км. Два таких фрагмента полосы, полученных при первой съемке поверхности Венеры с искусственных спутников «Венера-15» (16 октября 1983 года) и «Венера-16» (20 октября 1983 года), опубликованы на с. 3 и 4. Полоса съемки началась на широте 80° , прошла на расстоянии $4-5^\circ$ от полюса и закончилась на широте около 30° в северном полушарии. По горизонтальной оси на рисунках отложено угловое расстояние от перигея, измеренное в градусах из центра планеты (один градус на поверхности Венеры соответствует 105,6 км).

Трасса полета спутников проходила вна-

чале над древней складчатой страной (перигеическое расстояние от $-35,5$ до -29°), покрытой полуразрушенными кратерами ударного происхождения. Остатки этих кратеров диаметром около 30 км видны на отметке $-32,3$ и $-31,5^\circ$. Склоны, обращенные «лицом» к падающему лучу, выглядят светлыми, а склоны, «отвернутые» от падающего луча, — темными. Остатки нескольких наложившихся кратеров диаметром 70—80 км просматриваются на перигеическом расстоянии от -30 до -29° . Складчатые образования, видимо, моложе кратеров, так как проходят, например, через середину одного из кратеров диаметром около 100 км (центр кратера на отметке $-32,5^\circ$). Участки дна кратера с более спокойным рельефом — темные.

Складчатый рельеф сменяется равниной, почти не содержащей деталей. Равнина резко обрывается (на отметке -24°) и начинается молодая складчатая страна протяженностью около 600 км. Множество параллельных горных хребтов тянутся вдоль трассы на сотни километров. Внутри острого угла, образованного двумя группами складок, виден большой кратер эллиптической формы размером 80×60 км с центральной горкой (перигеическое расстояние $-20,7^\circ$).

Дальше рельеф становится более спокойным. Здесь выделяются лишь два горных образования, вытянутых вдоль трассы на 80 км (перигеическое расстояние от $-17,3$ до -18°). Ширина их у основания 15—20 км. Склоны, обращенные к космическому аппарату, выглядят светлыми, противоположные — темными. На отметках $-18,7$ и $-18,3^\circ$ находятся два полуразрушенных кратера диаметром 15—20 км. Оба они видны лишь на изображении, полученном «Венерой-15». Когда над этой областью пролетала «Венера-16», один из кратеров вышел из полосы обзора, поскольку за время между съемками Венера повернулась вокруг своей оси на $6,5^\circ$. На изображении, полученном «Венерой-16», видны две параллельные гряды (перигеическое расстояние от -17 до $-15,5^\circ$), расположенные под углом 45° к трассе спутника, и заканчивающиеся округлыми холмами, диаметр основания которых 6—8 км.

Радиолокационная съемка Венеры продолжается. Эти данные позволят построить карту северной полярной области планеты.



На орбите «Салют-7»

К 12 часам московского времени 23 сентября 1983 года станция «Салют-7» совершила 8 тысяч 250 оборотов вокруг Земли. В этот день космонавты Владимир Ляхов и Александр Александров, продолжая работу на борту орбитального научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-9», выполняли визуально-инструментальные наблюдения суши и акватории Мирового океана, занимались комплексным медицинским обследованием.

30 сентября значительную часть рабочего времени экипаж посвятил физико-техническим исследованиям. Для изучения особенностей тепломассопереноса и физики многофазных сред в условиях невесомости использовалась установка «Пион». Регистрацию протекающих процессов осуществляли на киноплёнку, видеомагнитофон и с использованием голографической аппаратуры. Фото- и спектрометрическую аппаратуру, а также визуальный ручной колориметр «Цвет-1» космонавты применяли в своих геофизических исследованиях.

Во время дальнейшей работы на орбите космонавты много времени уделяли экспериментам по космическому материаловедению и продолже-

нию исследований с установкой «Пион». В частности, были выполнены две серии экспериментов «Электротопограф», в которых изучалось воздействие открытого космического пространства на различные конструкционные материалы.

20 октября в соответствии с программой обеспечения дальнейшего функционирования научной станции «Салют-7» был запущен автоматический грузовой корабль «Прогресс-18».

22 октября была осуществлена стыковка «Прогресса-18» с орбитальным пилотируемым комплексом «Салют-7» — «Союз Т-9». Космонавты Ляхов и Александров контролировали процесс причаливания и стыковки. «Прогресс-18» доставил на орбиту топливо для объединенной двигательной установки станции, оборудование, аппаратуру, материалы для проведения научных исследований и обеспечения жизнедеятельности экипажа, почту.

1 ноября космонавты Владимир Ляхов и Александр Александров **вышли в открытый космос** и установили дополнительную солнечную батарею для увеличения мощности системы электропитания станции. Космонавты работали в открытом космосе 2 часа 50 минут. **Успешное осуществление монтажно-сборочных работ стало новым этапом в освоении космоса.**

3 ноября экипаж станции

осуществил **еще один выход в открытый космос**. Космонавты, работая в открытом космосе 2 часа 55 минут, установили вторую дополнительную солнечную батарею. Это новое выдающееся достижение отечественной науки и техники явилось еще одним подарком Родине к 66-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции.

В следующие несколько дней космонавты занимались разгрузкой «Прогресса-18», медицинскими экспериментами с использованием пневмовакуумного костюма «Чибис», биотехнологическими экспериментами на установке «Таврия». Продолжались работы в космической оранжерее «Оазис». Генетические исследования космонавты проводили на установке «Светоблок-М», а на установке «Светоблок-Т» Ляхов и Александров завершили 10 ноября биотехнологический эксперимент, в котором исследовалась возможность повышения эффективности процессов электрофоретического разделения сложных биологических веществ.

11 ноября у космонавтов был день комплексных медицинских обследований.

13 ноября «Прогресс-18» был отделен от пилотируемого комплекса «Салют-7» — «Союз Т-9». Расстыковку и отход грузового корабля контролирова-

ли специалисты Центра управления полетом и космонавты Ляхов и Александров. Во время совместного полета грузового корабля и пилотируемого комплекса осуществлена разгрузка «Прогресса-18», дозаправка топливом объединенной двигательной установки; перекачка питьевой воды в емкости станции, а также коррекция траектории полета орбитального комплекса с помощью двигателей транспортного корабля.

16 ноября «Прогресс-18» был переведен на траекторию спуска, вошел в плотные слои атмосферы над заданным районом Тихого океана и прекратил существование.

Тем временем космонавты продолжали работу на борту научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-9», проводя геофизические исследования и отработку методов регистрации технологических процессов с применением голографической аппаратуры, тренировались в пневмовакуумном костюме «Чибис».

Выполнение программы полета приближалось к завершению. Космонавты начали подготовку к возвращению на Землю, занимаясь консервацией научной аппаратуры, отдельных агрегатов и бортовых систем станции. В спускаемый аппарат «Союза Т-9» космонавты перенесли и уложили контейнеры с материалами проведенных на орбите исследований, а в бытовую отсек — использованное оборудование.

23 ноября 1983 года в 22 ч 58 мин московского времени космонавты товарищи Ляхов Владимир Афанасьевич и Александров Александр Павлович благополучно возвратились на Землю, успешно завершив 150-суточный полет на борту орбитального научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз».

Указом Президиума Верховного Совета СССР товарищ В. А. Ляхов награжден **орденом Ленина** и **второй медалью «Золотая Звезда»**; звание **Героя Советского Союза** с вручением **ордена Ленина** и медали **«Золотая Звезда»** присвоено летчику-космонавту СССР товарищу А. П. Александрову.

Центральный комитет КПСС, Президиум Верховного Совета СССР, Совет Министров СССР в своем приветствии ученым, конструкторам, инженерам, техникам и рабочим, всем коллективам и организациям, принимавшим участие в подготовке и осуществлении длительного космического полета орбитального научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз», космонавтам В. А. Ляхову и А. П. Александрову высоко оценили новый успех отечественной космонавтики, являющийся значительным вкладом в решения задач XI пятилетки и ярким свидетельством того, что советская наука и техника находятся на передовых позициях научно-технического прогресса.

Советские ученые, конструкторы, инженеры, техники, рабочие и космонавты, принимавшие участие в подготовке и осуществлении 150-суточного полета, выразили глубокую благодарность ЦК КПСС, Президиуму Верховного Совета СССР и Совету Министров СССР за постоянную поддержку в труде и теплые слова поздравления, заверив, что приложат все силы, знания и опыт для решения новых задач, связанных с дальнейшим освоением космического пространства в мирных целях, на благо всех людей Земли.

**По материалам
сообщений ТАСС**



Остановить милитаризацию космоса!

Принципиальная позиция СССР, касающаяся использования космического пространства, заключается в том, что безбрежный космический океан должен быть чистым и свободным от оружия любого рода. Мы за то, чтобы совместными усилиями прийти к великой и гуманной цели — сделать невозможной милитаризацию космического пространства.

Советский Союз, верный политике мирного космоса, выступил инициатором международного договора, запрещающего размещение в космическом пространстве оружия любого типа. Большинство государств поддержало эту инициативу, а XXXVI сессия Генеральной Ассамблеи ООН одобрила ее и рекомендовала Комитету по разоружению приступить к переговорам, чтобы согласовать проект договора. Предложение дополняло уже существующие запреты и ограничения военной деятельности в космосе (запрещение ядерных взрывов, запрещение вывода на орбиту и размещения в космосе любым другим способом оружия массового уничтожения, запрещение любой деятельности военного характера на Луне и других небесных телах). США не поддержали этот проект и пытаются оставить открытым вопрос о размещении в космосе новых видов оружия и в то же время запретить или ограничить разработку средств борьбы с ними.

«Претворение в жизнь этого советского предложения,— сказал Генеральный секретарь ЦК КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР Ю. В. Андропов в ответе на обращение группы американских ученых и общественных деятелей,— означало бы, что попытка превратить космос в источник смертельной опасности для людей был бы поставлен надежный барьер... Сейчас действительно наступает решающий момент: либо заинтересованные государства безотлагательно сядут за стол переговоров и займутся выработкой договора, запрещающего размещение в космическом пространстве оружия любого рода, либо гонка вооружений перекинется в кос-

мос». Необходимо «...чтобы космос навсегда остался свободным от всякого оружия, чтобы он не стал областью военных столкновений, чтобы из космоса не исходила угроза для живущих на Земле». Однако такая угроза реально существует.

Национальная космическая программа США нацелена на совершенствование и наращивание военного потенциала, решение экономических задач и достижение внешнеполитических целей на международной арене. Начиная с конца 50-х годов американское правительство недвусмысленно определяло свое отношение к космической программе, устанавливало первоочередность задач. Так, в 1961 году администрация Дж. Кеннеди провозгласила высадку астронавтов на Луне «важнейшей национальной задачей государства на ближайшие 10 лет».

4 июля 1982 года президент Рейган провозгласил «новую космическую политику» на 80-е годы. Она устанавливает другую систему приоритетов в космической программе США. Ответственность за анализ космической политики возложена на совет национальной безопасности. Администрация Рейгана связывает воедино американскую космонавтику и совершенствование вооруженных сил США.

В последнее время в печати и высказываниях некоторых государственных деятелей все чаще слышатся призывы распространить гонку вооружений на космическое пространство. Ставится под сомнение целесообразность соблюдения Соединенными Штатами действующих международных соглашений, которые запрещают вывод в космос объектов с ядерным оружием на борту и другие виды военной деятельности в космическом пространстве.

Еще правительство Картера, исходя из концепции, «кто владеет космосом, тот владеет миром», резко расширило военно-космические программы для создания «постоянного лидирующего положения США в космосе».

Администрация Рейгана, продолжая этот

курс, объявила его целью достижение военно-стратегического превосходства над Советским Союзом. Руководство США рассматривает космическое пространство как потенциальный театр военных действий.

В отличие от космических программ, провозглашавшихся ранее, «новая» программа во главу угла ставит «укрепление безопасности США», другими словами — более интенсивное использование космоса в военных целях. Хотя и раньше это считалось одной из важных задач национальной космической политики США, все же удельный вес военных проектов не превышал 30%, но при этом военное ведомство имело доступ к результатам космических проектов НАСА.

Ныне провозглашен принцип безусловного приоритета объектов военного назначения. Стоимость военных проектов уже превышает половину стоимости всей космической программы.

Если ранее была установка на поддержание лидерства во всех сферах исследования и практического использования космического пространства, то в последнее время сделан акцент на сохранение лидерства США «в критически важных» областях и использование достижений гражданской космонавтики для «содействия достижению целей внутренней и внешней политики».

Все более отчетливо просматривается тенденция распространить на космос приемы политики «с позиции силы».

Ее подтверждает ряд заявлений высшего политического и военного руководства США о превращении в ближайшем будущем космического пространства из сферы размещения систем обеспечения боевой деятельности вооруженных сил США и блока НАТО в потенциальную арену военных действий с использованием самого современного оружия массового уничтожения.

По мнению экспертов Центра оборонной информации США, выражение «война в космосе» воспринимается не удручающе, поскольку возможность переноса вооруженных конфликтов в космос многим кажется реальной и безопасной. Некоторые представители военных кругов США заговорили о космосе как об арене, на которой «демонстрацию силы» можно проводить с минимальными издержками. Такая точка зрения не только не верна, но и пагубна, ибо наличие космических систем существенно повышает возможности вооруженных сил вести боевые действия на суше,

на море, в воздухе. И наконец, по общепринятому мнению здравомыслящих экспертов, космос может стать той областью, в которой начнется война, но космос не сделает войну безопасной для человечества.

Космические системы военного назначения обладают разрешающей способностью, соизмеримой с авиационной, но благодаря широкой полосе обзора и непрерывности гораздо более эффективны. Существенный выигрыш обеспечивают также космические системы навигации и связи, командования и управления, которые в два и более раз (по иностранным источникам) повышают эффективность средств вооружения.

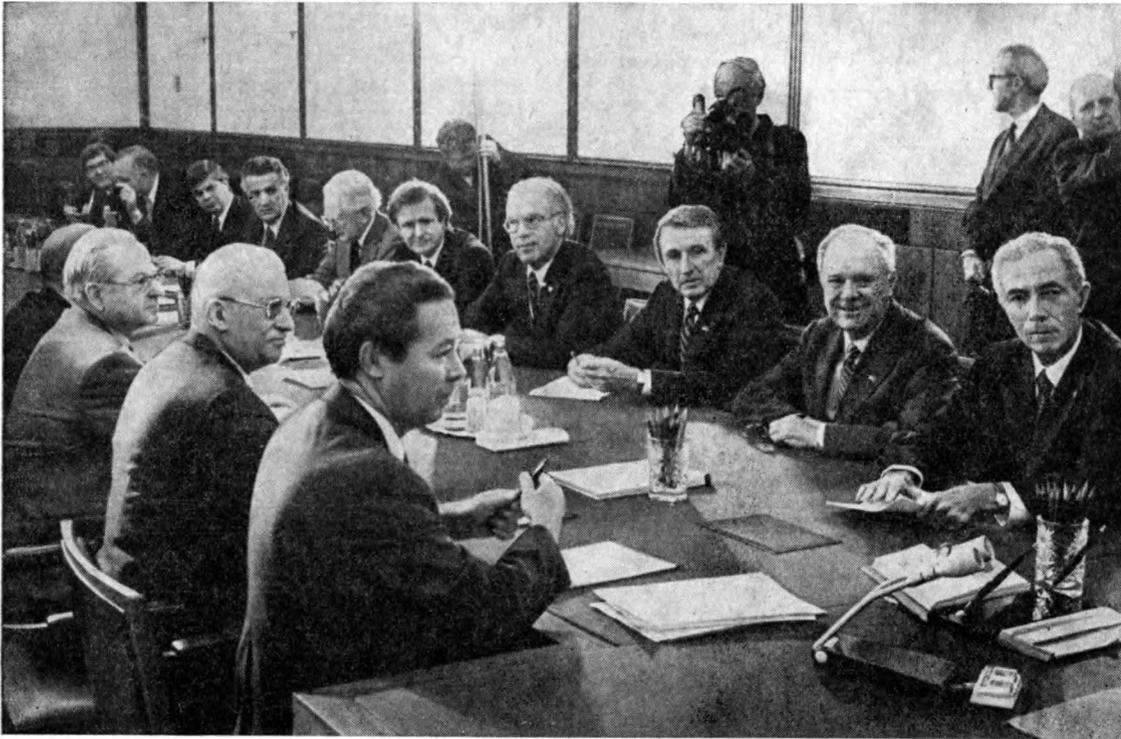
Исходя из этого, военное руководство США предполагает сделать космические системы оружия и космические средства обеспечения повседневной деятельности вооруженных сил в масштабах планеты неотъемлемым элементом военно-технического потенциала США. Он обеспечит возможность неожиданного и мощного удара из космоса, а также более надежные и точные разведывательные данные, связь, управление кораблями подводного и надводного флота, прогноз метеорологической обстановки.

Учитывая возможный вклад космических систем в военные действия на суше, на море и в воздухе, военное руководство США главными проблемами считает проблемы выживаемости и защищенности космических систем в условиях непосредственного воздействия на них средств поражения противника; разработку средств борьбы с космическими аппаратами противника и «соответствующей реакции на опасности, грозящие американским космическим системам».

Как заявил министр обороны К. Уайнбергер, США «должны приобрести потенциал, позволяющий не только нарушать функционирование космических систем противника, но и полностью выводить их из строя».

Журнал «Эйр форс» провокационно утверждает: «...было бы иллюзией ожидать, что в случае ядерной войны обе стороны будут выдерживаться от перехода к использованию антиспутников, оснащенных ядерными зарядами».

Одна из задач космической программы США предполагает разработку и принятие на вооружение в ближайшем будущем средств перехвата космических объектов других стран, если эти объекты будут рассматриваться как



угрожающие безопасности Соединенных Штатов или союзных с ними государств.

Одна из систем американских антиспутников представляет собой двухступенчатую ракету, запускаемую с истребителя F-15, оснащенную зарядом сбычного взрывчатого вещества с инфракрасной системой наведения на космические аппараты.

Принято решение к 1987 году создать наземную антиспутниковую систему, использующую новые поколения современного оружия.

Выступая в конце 1982 года, бывший директор Агентства по разоружению и контролю над вооружениями Ю. Росту старался представить проблему запрета размещения и применения оружия в космосе как чрезвычайно сложную в связи с «технически трудноразрешимой» задачей наблюдения и контроля. Таким образом, существующая администрация не предполагает решать проблему запрещения космического оружия, а взяла курс на интенсивную милитаризацию космоса, что представляет несомненную угрозу для мира и международной безопасности.

Журнал «Форчун» пишет о создании «настоящей армады боевых станций в космосе»,

причем стоимость только одной подобной станции около миллиарда долларов. Пентагон рассчитывает еще до конца нынешнего века создать флот двухместных космических кораблей, способных взлетать и садиться на обычные аэродромы и оснащенных оружием для уничтожения спутников и космических кораблей других стран. Подписан контракт на испытание ракеты для уничтожения «чужих» спутников, разрабатывается «космическая мина», которая будет находиться рядом с «мишенью» и взрываться по команде с Земли.

Пентагон в угаре «звездной войны», по признанию журнала «Бизнес уик», неустанно разрабатывает новые изощренные виды оружия, которые не только «перевернут» концепцию современной войны, но и «превратят космическое пространство в вооруженный лагерь».

Изучается вопрос о выводе на околоземную орбиту более ста модифицированных гигантских межконтинентальных баллистических ракет «Минитмен-2» с ядерными боеголовками, которые получат название «Минитмен-4» и будут управляться с орбитальных космических станций ВВС США.



Беседа Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР Ю. В. Андропова с группой американских сенаторов. Москва. Кремль. 18 августа 1983 года

Фотохроника ТАСС

Особое место в американских космических программах отводится многоцелевому космическому кораблю «Спейс Шаттл». Администрация Рейгана говорит о преимущественном использовании в качестве средств доставки полезных грузов в космос транспортных аппаратов многократного применения. А министерство обороны вместе с НАСА должно обеспечить использование этих кораблей в интересах «национальной обороны». Сообщалось о перераспределении средств, выделенных ВВС США на эксплуатацию «Спейс Шаттл» и связанных с ним космических аппаратов, для отработки принципиально новых видов военной космической техники, включая средства управления космическим оружием. Оружие будет размещаться на борту космических платформ военного назначения, выводимых на орбиты с помощью кораблей «Спейс Шаттл».

Сброшена тога «научности», Пентагон контролирует перспективные проекты, созданные на базе этого корабля, и будет использовать его в военных целях, чем, по мнению зарубежных обозревателей, «увеличит американскую способность выводить на орбиту оружие, которое там необходимо в первую очередь».

Корабли этого типа будут регулярно выводить в космос прежде всего военные связанные, навигационные, метеорологические, а также разведывательные спутники, начиненные разнообразной аппаратурой. На самом «орбитальном самолете» предусматривается разместить аппаратуру для обнаружения факелов работающих ракетных двигателей, а также систем, которые используют космонавты, чтобы вести разведку наземных и космических объектов.

С помощью «Спейс Шаттл» планируется доставка в космос специальных кораблей-буксиров, способных переводить военные спутники с круговой орбиты на стационарную, заменять бортовое оборудование, проводить ремонт, обслуживание долговременных станций с экипажем 3—6 человек (или без них). Эти станции, как пишет журнал «Бизнес уик», будут представлять собой орбитальные «военные базы», летающие на высоте 250 миль. По расчетам Пентагона, они сделают «более гибкими» операции ЦРУ и военной разведки, а также могут быть использованы в качестве «военных командных центров управления глобальными военными операциями». По заявлению Дж. Ван Аллена (одного из ведущих специалистов в области космических исследований), «главное применение корабля» будет играть «главную роль», а все остальное — «дело второстепенное».

Разрабатываемая на базе «Спейс Шаттл» более тяжелая транспортная система с улучшенными энергетическими характеристиками сможет выводить на низкую околоземную орбиту полезную нагрузку весом более 100 т.

Применение систем многократного использования не исключает одноразовых ракет-носителей по крайней мере до тех пор, пока возможности космической транспортной системы не будут достаточными для того, чтобы «обеспечить соответствующие потребности и обязательства».

Объявленная Рейганом «стратегическая программа» характеризуется западной печатью как «самая обширная за последние 30 лет». Полным ходом идет работа над созданием, как ее

называют, триады, которая позволит иметь боевую станцию. Триада включает программу «Альфа» — очень мощный химический лазер, план «Лодэ» — «большой показательный оптический эксперимент» на базе системы, позволяющей «удлинить» лазерный луч и нацелить его на мишень, и, наконец, проект «Талон голд» — разработка системы слежения для обнаружения целей и обеспечения точности прицеливания.

Как утверждают эксперты США, использование лазерного оружия в космосе требует более совершенных космических систем наблюдения и оповещения, а также более совершенной транспортной системы, превосходящей по грузоподъемности «Спейс Шаттл» по крайней мере в 3—4 раза.

Недавно появилось сообщение о новой программе создания средств ведения «космической войны», которая носит кодовое название «Тил руби». Система датчиков для боевой космической станции позволит обнаружить тепло, выделяемое ракетой при запуске или спутником на орбите. Предполагают, что можно будет обнаружить спутник даже при выключенной бортовой аппаратуре.

Стратеги Пентагона хотели бы использовать космос для того, чтобы держать всю планету под дамокловым мечом ядерной смерти. Стремление администрации Рейгана к «силовым приемам» по отношению к СССР, по существу, сорвало или отсрочило на неопределенное время ранее согласованные совместные проекты в области исследования космоса. Между тем многие американские специалисты полностью отдают себе отчет в том, что только советско-американское сотрудничество в космосе является единственной реальной альтернативой дальнейшей милитаризации американской космонавтики.

Таким образом, главные тенденции развития американской космонавтики сегодня выражаются прежде всего в дальнейшей милитаризации космоса, в большем использовании результатов космической программы в интересах крупного бизнеса.

Это вызывает тревогу миролюбивой общественности всех стран мира, включая общественность США. Например, американские ученые и общественные деятели в телеграмме товарищу Ю. В. Андропову писали: «...если космическому оружию когда-либо суждено быть запрещенным, то сейчас мы, видимо, подошли к тому крайнему сроку, когда это еще можно сделать». Именно сегодня необходимо,

чтобы космос не превратился в арену конфронтации, необходимо остановить милитаризацию космоса. На это был направлен ряд новых инициатив СССР. Напомним, что первый заместитель Председателя Совета Министров СССР, министр иностранных дел СССР А. А. Громыко обратился в августе 1983 года с письмом к генеральному секретарю ООН Х. Пересу де Куэльяру. В письме указывалось, что Советский Союз предлагает включить в повестку дня XXXVIII сессии Генеральной Ассамблеи ООН вопрос «О заключении Договора о запрещении применения силы в космическом пространстве и из космоса в отношении Земли». «Советский Союз,— сказано в письме,— считает настоятельно необходимым возвести надежный заслон планам превращения космоса в источник смертельной опасности для всего человечества, срочно приняв эффективные меры, чтобы предотвратить перенесение гонки вооружений туда, где ее еще не было,— в космическое пространство». Одиннадцать статей Договора призывают предотвратить гонку вооружений в космическом пространстве и уменьшить опасность грозящую человечеству ядерной войны.

Не дожидаясь обсуждения Договора, в дополнение к нему, как сказал 18 августа 1983 года в беседе с американскими сенаторами Генеральный секретарь ЦК КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР Ю. В. Андропов, советское руководство приняло исключительно важное решение: СССР берет на себя обязательство не выводить первым в космическое пространство каких-либо видов противоспутникового оружия, то есть вводит односторонний мораторий на такие запуски на все то время, пока другие государства, в том числе и США, будут воздерживаться от вывода в космос противоспутникового оружия любого вида. Отклики мировой общественности в большинстве своем единодушны — не может быть альтернативы советским предложениям. Космос может и должен быть мирным.



В природе и хозяйстве многих территорий земного шара, и прежде всего такой огромной страны, как Советский Союз, немалую роль играют природные льды. Законы их развития приходится изучать при освоении высокогорных и полярных районов, когда обостряются стихийные гляциальные процессы. Поиск новых ресурсов пресных вод также вынуждает обращаться к ледникам и разрабатывать способы воздействия на них. Прогнозы будущего природной среды опять-таки оказываются тесно связанными с тем, каково в ней место снега и льда. Вот почему актуальной становится гляциология, изучающая природные системы, свойства которых определяют льды.

Ниже мы публикуем несколько статей, которые посвящены различным проблемам гляциологии и написаны ведущими специалистами в этой области науки.

Член-корреспондент АН СССР
В. М. КОТЛЯКОВ

Современная гляциология

ОТ АРИСТОТЕЛЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Интерес к природным льдам появился еще в глубокой древности: снежные лавины, ледники упоминаются у Аристотеля, Феокрита и многих других античных ученых. В скандинавских сагах рассказывается о ледниках Исландии и их катастрофическом таянии при извержении вулканов, сведения об альпийских ледниках приводятся в «Космографии» С. Мюнстера, вышедшей в XVI веке. В середине XVIII века М. В. Ломоносов ввел понятие о «морозном слое атмосферы» и сделал ряд замечаний об оледенелости высокогорий и полярных областей Земли.

Первое научное сочинение по гляциологии — книга швейцарского естествоиспытателя О. Соссюра «Путешествие в Альпы», где анализировалось движение льда и падение лавин, — вышло в 1779 году. Но только в середине XIX века приступили к первым гляциологическим исследованиям с применением физических методов. Немного позднее были разработаны первые схемы строения горных ледников, создана теория движения стационарного ледника, установлены закономерности (правда, только качественные) колебаний ледников.

Исследования по гляциологии включались в программу Первого Международного полярного года (Земля и Вселенная, 1982, № 3, с. 58—Ред.). В 1894 году была организована

Международная ледниковая комиссия. Примерно в это же время по инициативе Русского географического общества в России создается ледниковая комиссия под руководством И. В. Мушкетова и начинаются исследования ледников на Кавказе, Алтае, в Средней Азии. Первые каталоги кавказских ледников появились в 1911 году, а для ледников Средней Азии — в 1930 году. Обширные гляциологические исследования в СССР проводились в 1932—1933 годах, во время Второго Международного полярного года (Земля и Вселенная, 1982, № 4, с. 61.—Ред.).

В начале XX века в гляциологии сложились две школы: альпийская и скандинавская. Для первой было характерно применение геодезических методов наблюдений, регистрация колебаний ледников и изучение механизма их движения. Вторая школа сконцентрировала внимание главным образом на исследовании теплового и вещественного баланса ледников и разработке проблем гляциоклиматологии. Глава скандинавской школы шведский ученый Х. Альман в 1930-х годах выдвинул концепцию взаимосвязи ледников с условиями внешней среды и создал первую геофизическую классификацию ледников, подразделяющую их на полярные, субполярные и «умеренные».

В 1930-х годах важную роль начинают играть стационарные исследования: в Швейцарских Альпах создается первая станция, где исследуются снежные лавины, а в Гренлан-

дии — первая зимовочная станция прямо на леднике. В СССР первая гляциологическая станция была создана в 1947 году Г. А. Авсюком на Тянь-Шане. Особенно большой размах приняли гляциологические исследования в период Международного геофизического года (1957—1959), а с середины 50-х годов приступили к систематическому изучению Антарктического ледникового покрова. Материалы МГГ и последовавшего за ним Международного гидрологического десятилетия (1965—1974) и создали основу современной гляциологии.

Гляциология долгое время традиционно считалась частью гидрологии. Но проблемы и методы изучения льда оказались совершенно отличными от проблем и методов изучения жидкой воды. И к середине XX столетия гляциология превратилась в самостоятельную отрасль знаний, вобравшую в себя характерные черты географии, геологии и геофизики.

Объектами исследования современной гляциологии служат равнинный и горный снежный покров, покровные и горные ледники,

**Ландшафт Земли Франца-Иосифа.
Ледниковый купол и выводной ледник
на острове Грили**

Фото М. Г. Гросвальда

морские и пресные льды водоемов, подземные льды и наледи. Ныне в сферу гляциологии входит большой круг теоретических и прикладных вопросов. Среди них — изучение эволюции оледенения и его влияния на климаты прошлых эпох, изменения уровня Мирового океана и движения земной коры. Гляциология также включает изучение роли снега и льда в питании рек и в решении проблем пресной воды, в развитии гидроэнергетики и в разработке задач народнохозяйственного освоения Арктики и Антарктики. Важное место занимает в ней защита от лавин и селей в горных областях, учет и контроль за выпадением радиоактивных осадков.

КАКОВЫ ЗАПАСЫ ЛЬДА?

Общие запасы льда на нашей планете составляют более 30 млн. км³ — это почти $\frac{2}{3}$ всех пресных вод — и равны стоку всех рек земного шара за 650—700 лет. Ледниками занято примерно 11, а подземными льдами 14% суши, морские льды в среднем покрывают около 7% поверхности океана. На акватории около одной пятой площади океана встречаются айсберги. Подавляющая масса наземных льдов (до 99%) — это естествен-



**ПЛОЩАДЬ СОВРЕМЕННОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ
ЗЕМНОГО ШАРА**

Область оледенения	Площадь оледенения, км ²
Антарктика	13 979 000
Гренландия	1 802 600
Прочие острова Арктики	241 650
Европа	19 180
Азия	118 355
Северная Америка	123 700
Южная Америка	32 300
Африка и Океания	845
	16 317 630

ные хранилища пресной воды на Земле. Согласно недавним подсчетам, ими покрыто 16 317 630 км² земной поверхности. Еще совсем недавно подсчитать запасы льда даже с небольшой точностью было невозможно. Сегодня положение изменилось благодаря успешной разработке геофизических и картографических методов изучения ледников. В 1960-х годах Советский Союз выступил инициатором в создании каталога ледников, содержащего их основные характеристики: размеры, форму, положение и режим. Начатая в 1965 году в нашей стране, эта работа ныне ведется в глобальном масштабе, и, по-видимому, до конца 80-х годов будет составлен **Всемирный каталог ледников**.

Составление Каталога ледников СССР уже завершено (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 79.—Ред.), и недавно вышел последний из 108 его выпусков. По данным Каталога, ледники в СССР занимают площадь 78 240 км², в том числе примерно 56 120 км² приходится на долю горных ледников. Общее число ледников в горах около 26 700, а всего в нашей стране насчитывается 28 700 ледников. Во всех горных ледниках Советского Союза содержится приблизительно 2230 км³ воды — это наши долговременные запасы. Однако цифра эта ориентировочная, потому что недостаточно данных о толщине ледников. В настоящее время лучшим способом для таких измерений служит радиозондирование льда, которое можно выполнять дистанционно, с воздуха. Сейчас завершаются разработки и испытание оборудования для радиолокационных исследований горных ледников с вертолета. Такие работы впервые проведены летом 1981 года — были получены данные о толщине более ста ледников Джунгарского Алатау.

ВОДНО-ЛЕДОВЫЙ БАЛАНС

Существование «вечных» снегов и льдов усложняет природные условия, и водный баланс территории превращается в водно-ледовый. Рост ледников увеличивает абсолютную высоту бассейна, снижает температуру воздуха, прибавляет осадки, расширяет заснеженную часть бассейна, а следовательно, изменяется структура всего водно-ледового баланса.

Недавно разработан метод расчета осадков в горах, использующий данные метеостанций и материалы Каталога ледников. Теперь мы можем получить картину осадков в высокогорье, причем весьма детальную в пространстве и во времени. Она строится по средненному за длительный срок данным о тысячах ледников. Детальные карты, построенные по новому методу для ряда горно-ледниковых областей, позволили определить направление основных потоков влаги в этих областях, открыть струйный характер потоков, вызванный сложной сетью больших и малых хребтов, выявили атмосферные волны, возникающие у горных склонов и позади них, а также другие мезомасштабные закономерности, которые порождают сложное поле осадков и влияют на положение и морфологию оледенения. Все эти климатические особенности территории невозможно вскрыть по данным метеорологических наблюдений, ведь в горах слишком мало метеостанций. Горные ледники играют важную роль в формировании речного стока. Так, оледенение гор Средней Азии, занимающее всего 5% их площади, обеспечивает 16% годового речного стока, причем в теплый период — свыше 40%. Если, кроме того, учесть таяние сезонного снега на языках ледников, то годовая доля ледникового стока возрастает до 20, а летняя — до 50%.

Не всегда существующий водный режим ледниковых районов удовлетворяет потребности хозяйства. И тогда необходимо бывает рассчитывать и прогнозировать сток из ледниковых районов и регулировать его, при этом регулировать комплексно: с одной стороны, нужно усилить таяние ледников, с другой — увеличить снегозапасы на леднике (искусственно вызванные осадки, спуск лавин, воздействие на ветровой перенос снега). Кроме того, очень важно создавать системы водохранилищ ниже концов ледников, способные помимо регулирования стока предотвращать стихийные бедствия (прорыв воды из ледников и лед-

никово-подпрудных озер). В СССР уже проведены опыты по искусственному усилению таяния ледников на небольших площадках.

КОЛЕБАНИЯ ЛЕДНИКОВ

Ледники — весьма изменчивые природные объекты. Даже небольшие изменения температуры и осадков приводят к колебаниям массы ледников, в силу чего ледники то отступают, то наступают. Поэтому еще в прошлом веке их называли «термометрами, приложенными к телу Земли». Среди многообразия ледниковых колебаний выделяются два класса — вынужденные, вызываемые климатическими изменениями, и релаксационные автоколебания, обусловленные нестационарностью динамических связей в самом леднике. При колебаниях второго класса движения льда периодически резко ускоряются, лед дробится, концы ледников продвигаются. Это «**пульсирующие**» ледники. С ними связаны ледниковые катастрофы: обвалы ледников, прорывы ледниково-подпрудных озер, наступания ледниковых языков. В 1963 году газеты писали о внезапном «пробуждении» ледника Медвежий на Памире, выдвинувшегося почти на два километра в истоках Ванча. Осенью 1969 года произошла резкая подвижка ледника Колка на Кавказе, всего в 30 км от города Орджоникидзе.

Резкие подвижки ледников опасны: конец ледника быстро продвигается вниз по долине, могут возникать ледниково-подпрудные озера, которые неизбежно прорываются и вызывают разрушительные водно-ледово-каменные сели. Подобные пульсации происходят периодически, хотя у каждого ледника интервалы между подвижками неодинаковы. В результате многолетних работ на леднике Медвежий, проводившихся после подвижки 1963 года, удалось предсказать — пожалуй, впервые в мире — очередную подвижку этого ледника в 1973 году. Это предотвратило жертвы и значительно уменьшило ущерб от разрушений.

Сейчас в нашей стране начинается составление каталога пульсирующих ледников. В ближайшие годы предстоит исследовать все горные области СССР и выявить пульсирующие ледники. Большая часть этой работы будет выполняться дистанционно, с помощью авиационной и космической съемки. Уже сейчас по снимкам из космоса можно определять не только сами пульсирующие ледники, но и фазу (активную или пассивную), в которой они нахо-

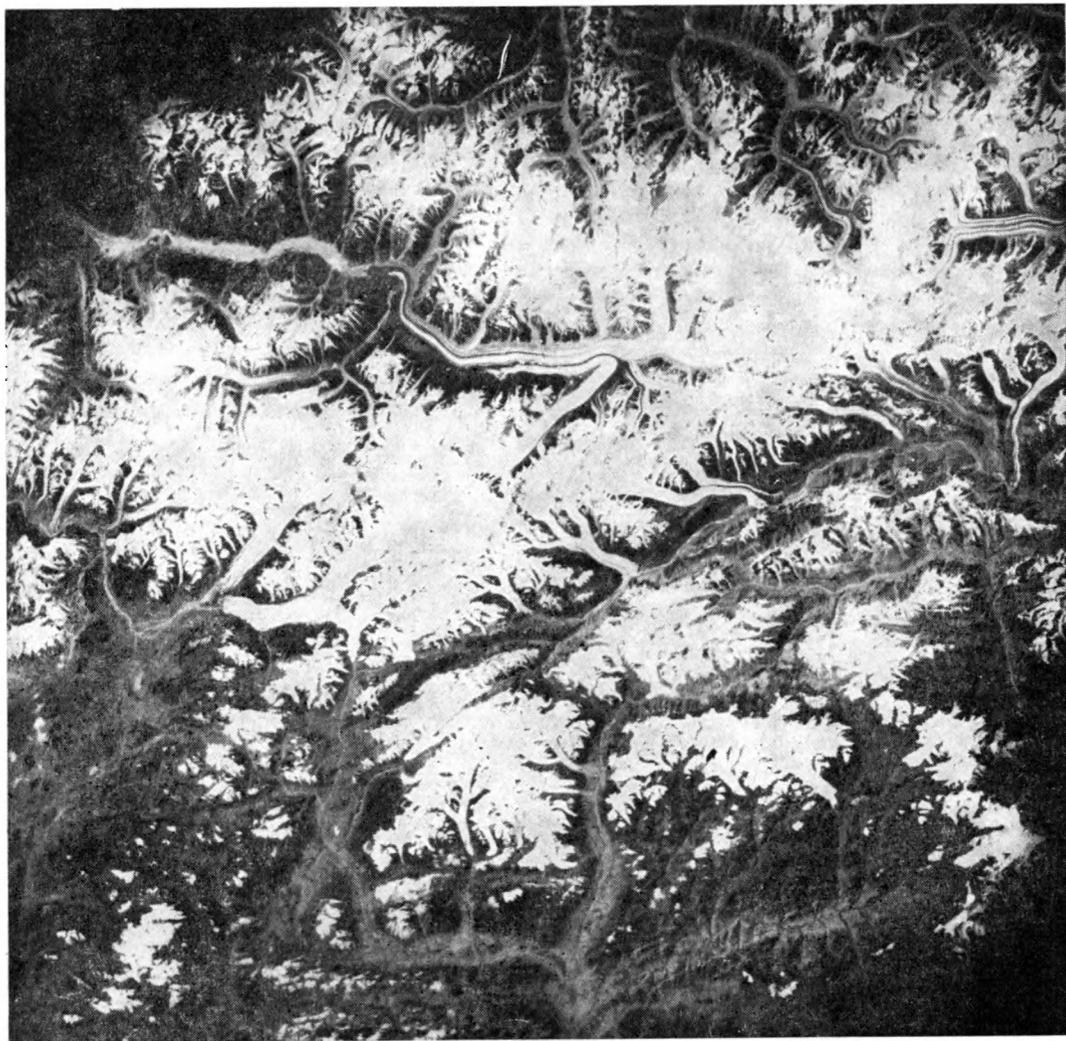
дятся, следы их прошлых подвижек. Наблюдения космонавтов на орбитальной станции «Салют-6», проводившиеся по специальной гляциологической программе, принесли много новых и весьма полезных сведений о таких ледниках.

Многолетнее изучение колебаний ледников в нашей стране показало: в СССР необходимо создать наземно-воздушно-космическую службу наблюдений за снегом и льдом. Такая служба позволит оценивать запасы снега и льда, их изменчивость, загрязнение. Большую часть наблюдений можно выполнять дистанционно, наблюдения дадут возможность решить ряд задач горной гляциологии: расчет снеготопливных запасов, наблюдение за колебаниями ледников и измерение их толщины, изучение физических свойств и структуры ледников, обнаружение жидкой воды внутри ледников и под ледниками, слежение за наполнением и опорожнением ледниково-подпрудных озер, оценка теплового баланса поверхности снега и льда.

РОЛЬ АНТАРКТИДЫ

В Антарктиде сосредоточена основная масса пресного льда на Земле — до 90%. По мере развития планетарной геофизики все яснее становится роль оледенения Антарктики в формировании климата и водного баланса земного шара, в механизме энергетических связей с другими природными процессами. По данным спутниковых измерений, эффективное солнечное излучение в области южнее 70° ю. ш. очень велико ($36,4 \cdot 10^{21}$ Дж/год) и ведет к формированию в южном полярном районе обширного центра охлаждения атмосферы. Кроме того, ежегодно $21 \cdot 10^{21}$ Дж тепла забирается из атмосферы на таяние 25 тыс. км³ морских льдов и айсбергов в Антарктике. Эти процессы обостряют циркуляцию атмосферы и океанических вод.

Сам ледниковый покров Антарктиды служит прекрасным индикатором прошлых климатических изменений и может обуславливать будущие изменения природы Земли, особенно при усилении теплового антропогенного влияния. И хотя Антарктида играет такую важную роль, физика и термодинамика ее ледникового покрова изучены недостаточно. Сейчас предприняты обширные исследования в Восточной Антарктиде по Международному антарктическому гляциологическому проекту с



Сиачен — самый крупный долинный ледник умеренных широт (Восточный Каракорум). Снимок сделан с борта орбитальной станции «Салют-6» 13.9.1978 года летчиками-космонавтами СССР В. В. Коваленком и А. С. Иванченковым

участием СССР, США, Англии, Франции, Австралии и Японии.

Все реальнее становится хозяйственное освоение Антарктиды. Например, транспортировка айсбергов из холодных районов в более теплые для получения чистой пресной воды. Уже рассчитаны рациональные пути такой транспортировки от Антарктиды (и Гренландии) к густо населенным аридным районам.

Выясняются отдельные технические вопросы, проектируются специальные корабли, которые будут буксировать айсберг и переводить его из одного морского течения в другое; изобретаются полиэтиленовые покрытия для предохранения айсбергов от таяния в пути; разрабатываются способы ускорения таяния и уменьшения потерь воды, когда айсберг встанет «на якорь» у цели своего путешествия.

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЛЯЦИОЛОГИИ

Весь огромный объем гляциологической информации, собранный со времени Международного геофизического года, будет отражен в Атласе снежно-ледовых ресурсов мира, который составляется в нашей стране. Из на-

учно-теоретических проблем, связанных с природными льдами, самая главная задача состоит сейчас в разработке моделей нивально-гляциальных систем и соответствующих природных процессов, а также реализации их прогноза, и в некоторых случаях — управления ими.

Можно назвать три пути создания таких моделей: математическое описание природных ресурсов; физическое моделирование и проведение природных экспериментов; сопоставление имеющихся фактов и на их основе — статистическое и картографическое (аналог натурного) моделирование.

Мы уже недалеко от решения и важнейших прикладных задач гляциологии. Здесь

имеется в виду наращивание крупных массивов льда многоцелевого назначения, доставка айсбергов к населенным районам и получение из них пресной воды, регулирование режима ледников в производственных масштабах. В недалеком будущем, видимо, удастся решить такие фундаментальные научные проблемы, как создание метода расчета и прогноза стока с ледников, разработка модели формирования снежного покрова в горах, выяснение физики и термодинамики ледникового покрова Антарктиды, расчет антропогенного влияния на природные льды.



Доктор географических наук
М. Г. ГРОСВАЛЬД



Ледники и океан

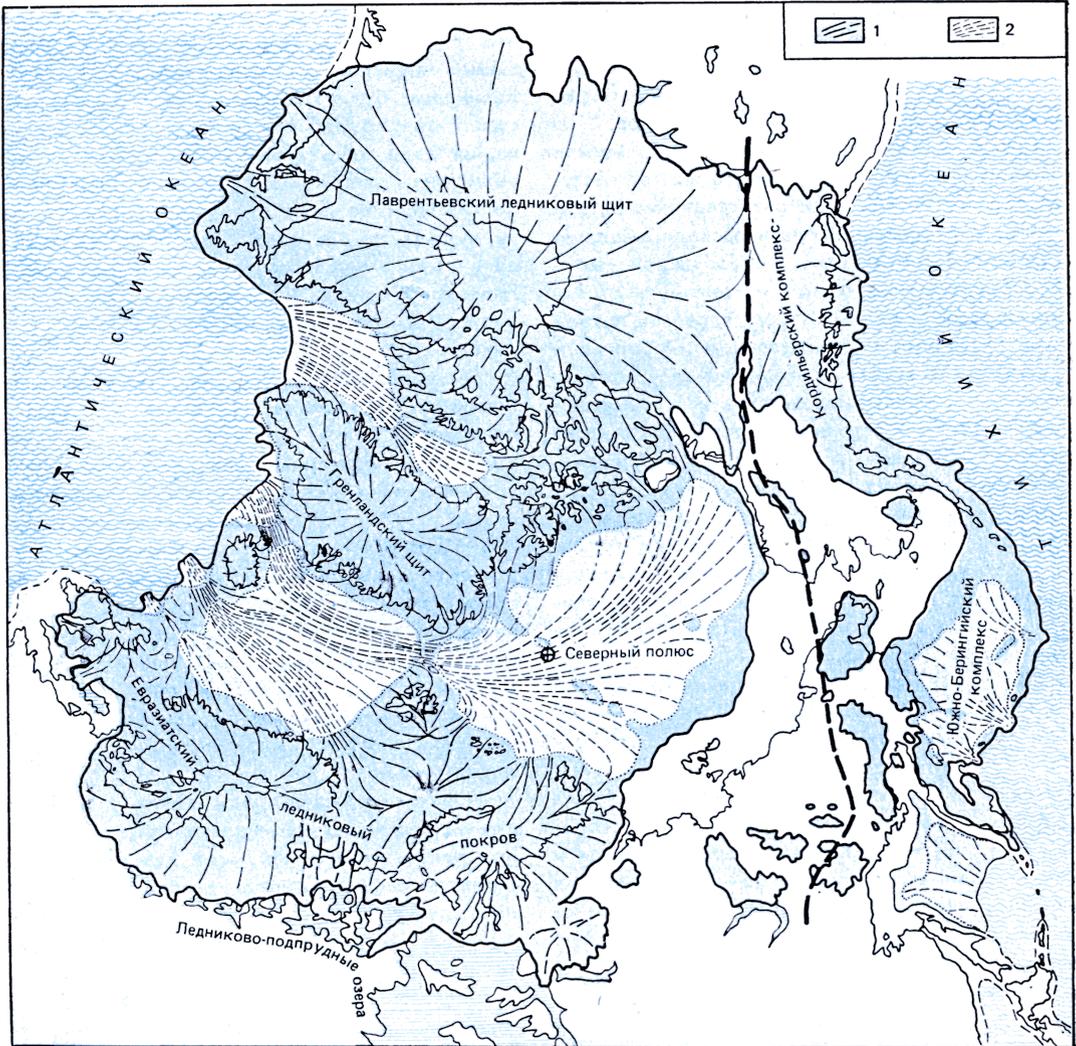
ЛЕДНИКИ НА ШЕЛЬФАХ И В ГЛУБОКИХ МОРЯХ

В современную эпоху имеется лишь один крупный «морской» ледник — Западноантарктический ледниковый щит площадью 3,5 млн. км². Лишь 0,8 млн. км² составляет его наземная часть, тогда как на участки щита, налегающие на континентальный шельф со средней глубиной 680 м, падает 1,5 млн. км², на плавучие шельфовые ледники Росса, Ронне, Фильхнера и другие — еще 1,2 млн. км². А в древнеледниковые эпохи, в частности около 20 тыс. лет назад, когда общая площадь ледников Земли достигала 55—60 млн. км², половина этого льда сосредоточивалась на шельфах и в прилегающих к ним холодных глубоких бассейнах.

По новым палеореконструкциям, во время глобальных похолоданий последних миллионов лет истории Земли Антарктический ледниковый покров расширялся до краев окружающего шельфа, а в Северном полушарии неоднократно возникали два гигантских объединенных ледниковых покровов — Панарктический и Кордильерско-Берингийский. Площади их 20 тыс.

лет назад составляли соответственно 33 и 5 млн. км², объемы льда — 55 и 6 млн. км³. Панарктическая система возникала из ледниковых щитов Северной Евразии, материковой и арктической Северной Америки и Исландии, которые спаивались воедино плавучими шельфовыми ледниками Арктического бассейна, Норвежско-Гренландского, Баффинова и Лабрадорского морей. В Кордильерско-Берингийской системе особый интерес представляет шельфовый ледник Берингова моря, который подпруживался Алеутско-Командорской грядой.

Естественно, ледники, налегающие на шельфы или плавающие в глубоких морях, гораздо сильнее взаимодействуют с океаном, чем ледники суши, причем взаимодействуют напрямую, механически и термически. За ними утвердилось название «морских» ледников. Вопросы их изучения занимается мариногляциология — новая научная отрасль, родившаяся на стыке гляциологии с океанологией и морской геологией. Ее появление закономерно: раз оледенения охватывали и сейчас охватывают обширные акватории океана, то их зарождение, развитие и деградация могут быть объяснены на базе не столько климатических,



Объединенные ледниковые покровы северного полушария при максимальном развитии последнего оледенения (около 20 тыс. лет назад). 1 — ледниковые щиты, налегающие на сушу и континентальные шельфы, 2 — плавучие шельфовые ледники глубинных холодных бассейнов. Пунктирная линия — граница между Северотихоокеанской и Североатлантической ледниковыми областями

сколько океанологических данных и факторов. И наоборот: ни одна реконструкция новейшей эволюции Мирового океана не будет полной и строгой, если она выполнена без учета его взаимодействия с «морскими» ледниками.

ВЛИЯНИЕ ОКЕАНА НА ЛЕДНИКИ

Как же воздействует океан на ледники? Чтобы разобраться в этом, познакомимся с некоторыми общими положениями мариногляциологии. «Морские» ледниковые покровы характерны для полярных областей, где снеговая граница максимально сближена с уровнем моря. Поэтому обычное для наземных ледников субазральное таяние (на воздухе) здесь заметной роли не играет. Зато на «морских» покровах появляется особая гляциологическая граница — линия налегания. Значение ее огромно: она отделяет внутренние части покровов — «морские» ледниковые щиты, налегающие на континентальные шельфы, от их плавучей пе-

риферии — шельфовых ледников. Местоположение этой границы служит важнейшим показателем, отражающим совместное влияние целого комплекса гляциологических, геоморфологических и океанологических факторов.

Линия налегания может занимать более или менее постоянное положение, а может наступать или отступать. Если она стационарна, это значит, что статьи прихода и расхода вещества в динамической системе, образованной «морским» ледниковым щитом и шельфовым ледником, уравновешены. Иными словами, потери льда, связанные с откалыванием айсбергов и подводным таянием, в этом случае уравновешиваются накоплением снега, а все возникающие «перекосы» устраняются течением льда из внутренней области покрова к его периферии. Подобное возможно лишь при умеренных расходах льда, в частности, когда морская вода, поддерживающая шельфовые ледники, холодная, а барьер шельфового ледника защищен от сильных атак моря, или, еще лучше, упирается в острова, отмели или противоположные берега бассейна.

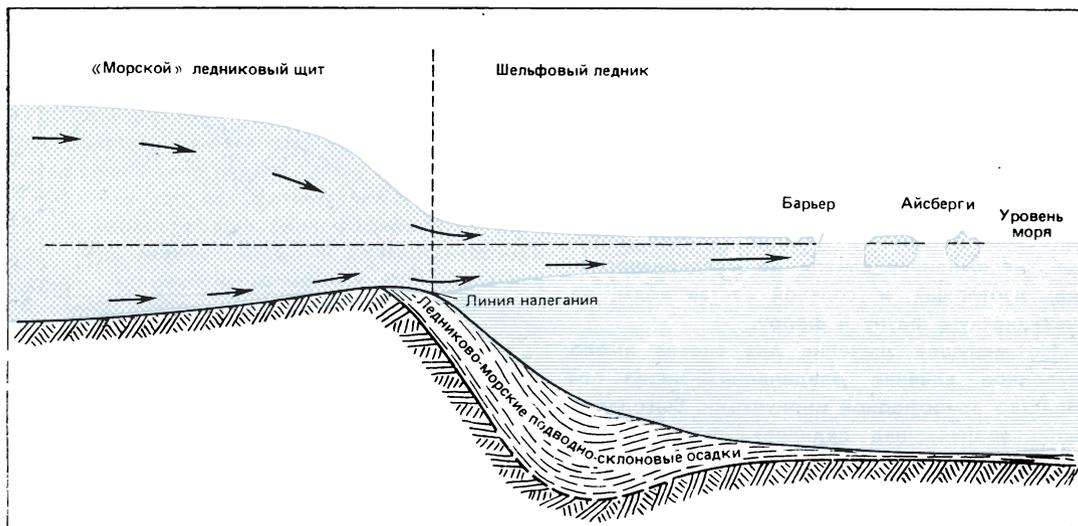
Что же касается перемещений линии налегания, то они зависят от многих показателей: интенсивности питания «морского» покрова снегом и расхода льда на таяние и откалывание айсбергов; скорости движения льда и его вертикальных деформаций при растяжении или сжатии; уклонов поверхности льда и ложа ледника. Но главное — от изменения глубины океана за счет колебаний его относительного уровня. Здесь подчеркнем особую роль океана: именно он определяет самый мощный расход льда, а подъем океанского уровня, увлекающий и плавучие части «морского» ледникового покрова, способен сразу и сильно сместить линию налегания.

Как велико это смещение и всегда ли достигается новая стационарность, зависит от нескольких условий — и от размаха колебаний уровня океана, и от скорости этих колебаний, и от формы ледникового ложа в районе линии налегания. Если повышение уровня незначительное и медленное, так что изостатический подъем земной коры успевает хотя бы частично компенсировать прирост глубины, а поверхность ложа наклонена в сторону океана, эта линия способна занять новое устойчивое положение на сравнительно близком рубеже. И наоборот: если амплитуда и скорость повышения велики и линия налегания выходит на горизонтальный или наклоненный от океана участок ложа, ее новая стационарность может

оказаться вообще недостижимой. В этом случае динамическое равновесие между «морскими» ледниковыми щитами и шельфовыми ледниками будет нарушено, линия налегания станет непрерывно отступать, а скорость движения льда неконтролируемо расти. В итоге возможна ледниковая катастрофа — **сёрдж**: полный или почти полный спуск налегавшего на шельф льда в океан. К такому же нарушению динамического равновесия «морской» ледниковой системы и сёрджам приводят и очень сильные потери массы шельфовых ледников.

Вероятно, воздействие океана было главной причиной деградации «морских» ледниковых покровов в эпохи древних оледенений. При этом оба описанных фактора — повышение уровня океана и разрушение шельфовых ледников за счет усиленного таяния и образования айсбергов — действовали совместно, и их эффекты складывались. Но они не были непосредственными разрушителями ледниковых покровов (повышение океанского уровня не могло заставить ледниковые щиты всплыть), а служили лишь спусковым механизмом специфического динамического процесса внутри этих покровов, который и приводил к спуску их льда в океан.

Признав ведущую роль океана в деградации четвертичных ледниковых покровов, можно сделать по крайней мере два важных для палеогеографии вывода. Во-первых, в свете имеющихся знаний о позднеледниковом повышении уровня Мирового океана (эвстатической трансгрессии), становится очевидным, что деградация «морских» ледниковых покровов на разных материках начиналась **одновременно** (неодновременное развитие мыслимо лишь для горных ледников полярных областей). Во-вторых, раз в период деградации оледенения основные массы льда не таяли на месте, а сбрасывались в океан, то они плавились не за счет атмосферного, а океанского тепла. Таким образом, устраняются противоречия между пестротой гляциоклиматических условий позднеледникового времени, с одной стороны, и удивительной синхронностью всех ледниковых изменений, с другой. Кроме того, появляется возможность объяснить, откуда взялась энергия для быстрого таяния древнеледниковых покровов: ведь сейчас ясно, что в отведенные абсолютной геохронологией сроки за счет атмосферного тепла могло растаять не более одной десятой массы четвертичных ледников.



Обобщенный профиль налегающей и плавучей частей «морского» ледникового покрова

С океаном связано не только быстрое разрушение ледниковых покровов, он также способствует их зарождению и росту. Расчеты и эксперименты показывают, что холодные мелководные моря на Земле должны были становиться самостоятельными ледниковыми центрами. Их оледенение начиналось с возникновения устойчивого покрова паковых (морских) льдов, который быстро утолщался за счет накопления снега и намерзания льда снизу, налегал на дно и превращался в «морские» ледниковые щиты, способные наступать на соседнюю сушу. Конечно, такой способ развития оледенения мог действовать не в каждом море, а только там, где внешний тепловой баланс оказывался отрицательным и потери энергии не компенсировались теплом, приносимым течениями. Именно такие условия неоднократно возникали в четвертичном периоде в Баренцевом, Карском, Беринговом, Баффиновом морях.

ВЛИЯНИЕ ЛЕДНИКОВ НА ОКЕАН

Оледенения, в свою очередь, оказывали сильное обратное влияние на океан. Говоря об этом влиянии, прежде всего вспоминают о гляциоэвстатических колебаниях уровня океана. Ледники формируются из океанской воды, они как бы отнимают ее от океана, поэтому в

ледниковые эпохи уровень океана испытывал понижения. Так, 20 тыс. лет назад он был в среднем на 120—135 м, а по некоторым подсчетам даже на 165—170 м ниже современного. Внеледниковые шельфы тогда почти целиком осушались — ведь их средняя глубина редко превышает сотню метров. И наоборот, с наступлением позднеледникового потепления и таяния наземных ледников уровень океана стал повышаться, дав первый толчок к деградации «морских» ледниковых покровов, а деградация их еще больше повышала уровень океана. Так что уже около 17 тыс. лет назад началась последняя эвстатическая трансгрессия.

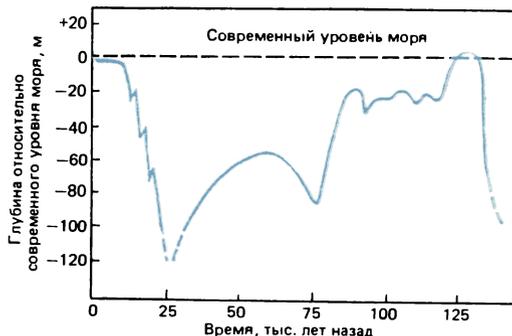
Итак, разрастание оледенений вызвало сильные снижения уровня океана, а их деградация — повышение. Соответственно изменялась и география океана: исчезали и вновь появлялись эпিশельфовые мелководные моря и проливы, наступали и отступали берега. Взгляните, например, на Британские острова и Сахалин: 20 тыс. лет назад они становились частью материковой суши. В силу этого были совершенно иными многие существенные характеристики океана, включая картину его течений. Но эти изменения имели и другие причины. Во время оледенений вода из мелководных морей целиком вытеснялась ледниковыми щитами, и на месте таких морей появлялась высокая ледяная суша, а глубокие полярные бассейны — Арктический, Норвежско-Гренландский, Берингов и некоторые другие — скрывались под толстыми плавучими

плитами шельфовых ледников. Внешние края этих плит во многих случаях налегали на подводные хребты, так что плавающий лед не только препятствовал энергомассообмену глубоких бассейнов с атмосферой, но и почти полностью исключалось их взаимодействие с остальным океаном. Очевидно, что в таких — подледниковых — частях океана создавались совершенно особые физико-химические условия, которые, несомненно, влияли на осадконакопление, изотопный и солевой состав воды, на океаническую фауну и флору.

Не меньшее значение для океана имело косвенное влияние оледенений — через посредство атмосферной циркуляции. Выхолаживание воздуха над ледниковыми покровами перестраивало глобальные поля давления и ветров, что также влияло на океанские течения. Например, с переменами в барических полях Северного полушария было связано отклонение «ледниковых» течений Гольфстрима и Куроисио к юго-востоку, обусловившее выхолаживание и оледенение глубоководных бассейнов Арктики и Субарктики. В силу тех же причин в приледниковых районах океана периодически возникали особые **энергоактивные зоны**, то есть зоны с резкими температурными градиентами, интенсивным турбулентным теплообменом между океаном и атмосферой и повышенной циклонической активностью. Именно таким зонам специалисты сейчас отводят ключевую роль в формировании и изменении климата на Земле.

Что касается позднеледниковой истории океана, то она во многом определялась ходом деградации «морских» ледниковых покровов. Мы уже говорили, что эта деградация послужила главной причиной позднеледниковой эвстатической трансгрессии. Из-за неустойчивости «морских» ледников их разрушение проходило, во-первых, очень быстро, во-вторых, оно было не плавным, а ступенчатым, состоявшим из серии сёрджей, разделенных интервалами медленного таяния.

Все эти особенности хорошо объясняют ход ледниково-межледниковых изменений океанского уровня, который удалось выяснить по высотам (глубинам) и возрасту древних береговых линий. График этих изменений имеет косую пилообразную форму: длинные пологие стороны зубцов — медленное падение уровня океана при росте оледенения, короткие крутые — быстрый подъем при разрушении ледников. Каждый зубец второго порядка, осложняющийся восходящей ветвью кривой, отражает



Ход гляциоэвстатических изменений уровня Мирового океана за последние 130 тыс. лет, рассчитанный по вариациям O^{18}/O^{16} в глубоководных океанских осадках

отдельный крупный сёрдж, при котором в океан сразу спускалось до нескольких миллионов кубических километров льда, а соответствующий подъем океанского уровня имел размах в 3—10 м. Возможно, с такими скачками были связаны катастрофические потопы, поражавшие приморские центры древних цивилизаций.

Интересны и другие океанологические, а также палеоклиматические эффекты позднеледниковых сёрджей «морских» ледников. Массовые, катастрофические быстрые сбросы льда в океан, к тому же сопровождавшиеся спуском больших ледниково-подпрудных озер, вызывали внезапные изменения изотопного состава морской воды; она относительно обогащалась легким кислородом O^{16} , и поверхностный ее слой значительно опреснялся. Опреснение вызывало рост ледовитости, а через нее — сокращало испарение с водной поверхности. Еще важнее другие следствия поступления льда в океан: лед изменял альбедо воды, а главное — требовал огромных затрат тепла на таяние. (Энергия, необходимая для растаивания 1 млн. км³ льда, — $3,2 \cdot 10^{20}$ Дж. Это в 100 раз превышает среднее теплосодержание воды, ежегодно поступающей в Арктический бассейн с ветвями Североатлантического течения.)

Согласно расчетам палеоклиматологов, наиболее крупные выбросы льда в океан могли охлаждать климат целого полушария на 5—10° на столетия. Этот вывод подтверждается палеогеографическими данными: позднеледниковое потепление, действительно, неоднократно

но прерывалось короткими сильными похолоданиями. Во время этих похолоданий границы природных зон резко сдвигались в сторону экватора, расширялись ареалы тундровой растительности, усиливались эоловые процессы, шло накопление лёссов.

Важная сторона воздействия ледников на океан — переработка рельефа морских побережий и шельфов. Ледники подвергли эрозии подводные окраины материков, выпахали в них глубокие фьорды и желоба-троги; за счет продуктов сноса, сваленных на материковый склон и подножие, расширились шельфы. Средняя толщина слоя горных пород, снесенных ледниками с побережий и шельфов Северной Атлантики, составила 200—300 м, толщина такого же слоя, содранного льдом с периферии Антарктиды, превысила 500 м. В осадочном чехле материковых склонов и подножий, примыкающих к гляциальным шельфам, накопились десятки миллионов кубических километров ледниково-морских песков и илов. В связи с этим Антарктический шельф расширился более чем на 100 км, на многие десятки километров шире стали шельфы Лабрадора и Гренландии, арктические шельфы Северной Америки и западной Евразии. Повидимому, аккумуляция продуктов ледниково-сноса привела также к заметному умень-

шению глубин некоторых океанических впадин, например котловин, примыкающих к Баренцеву, Карскому и Берингийскому шельфам.

Большой теоретический и практический интерес представляют также вертикальные движения земной коры материковых окраин, связанные с появлением и исчезновением ледниковой нагрузки, то есть явления гляциомозостазии (Земля и Вселенная, 1970, № 3, с. 26.—Ред.). Все шельфы областей современного покровного оледенения — Антарктиды и Гренландии — отличаются повышенной глубиной. Так, глубина внешнего края Антарктического шельфа — 500—900 м, что вчетверо больше средней глубины континентальных шельфов Земли. Объясняется это прогибом коры под тяжестью ледникового покрова материка. А шельфы областей древних оледенений, в прошлом неоднократно прогибавшиеся, близки к завершению послеледникового поднятия. Об этом можно судить по многоярусным системам молодых морских террас, встречающихся на их островах и материковых побережьях.

Таким образом, между оледенением и океаном существует (и существовала в прошлом) интенсивная прямая и обратная связь.



Доктор географических наук
А. Н. КРЕНКЕ



Ледники и климат

«ВОЗМОЖНОСТИ» ЛЕДНИКОВ

Особую роль в реконструкции климата прошлого или климата недоступных районов играют ледники. Во-первых, годовые слои льда в них (в отсутствие таяния) непосредственно отражают интенсивность осадков. Во-вторых, толщина годовых слоев льда, по которой восстанавливаются изменения климата, в тысячи раз больше, чем аналогичных слоев в почвах, океанических и озерных осадках. Если для ледников характерно ежегодное накопление слоя в 1—2 и более метров за год в горах и по меньшей мере в 5—10 см за год в Ан-

тарктиде, то почвы накапливаются со скоростями всего лишь 0,001—0,5 мм/год, океанические грунты 0,0001—0,1 мм/год, озерные отложения 0,1—10 мм/год.

В-третьих, лед в ледниках достаточно долго живет. Нынешние обитатели среднеазиатских оазисов, орошаемых ледниковыми реками, пьют воду из тех же осадков, что освежали разгоряченных конников Тамерлана. Средний возраст льда можно оценить по отношению ежегодного накопления и таяния льда к толщине ледников, достигающей в горах сотен, а в Антарктиде и Гренландии тысяч метров. Максимальный возраст льда до-

стигает 1000 лет в горных ледниках, 10 000 лет в малых островных покровах и 150 000 лет в континентальных ледниковых щитах. Предельный возраст льда в Антарктиде, по-видимому, еще больше — он точно не установлен. Еще древнее могут быть ледниковые отложения — морены. Сцементированные временем морены (тиллиты) нижнего протерозоя сохраняются вот уже более миллиарда лет. Встречая морены или тиллиты, мы судим о благоприятном для ледников климате во время их отложения — сочетании обильных осадков с низкими температурами. И наконец, ледники располагаются как раз в труднодоступных полярных и горных районах, где и современный климат недостаточно хорошо известен.

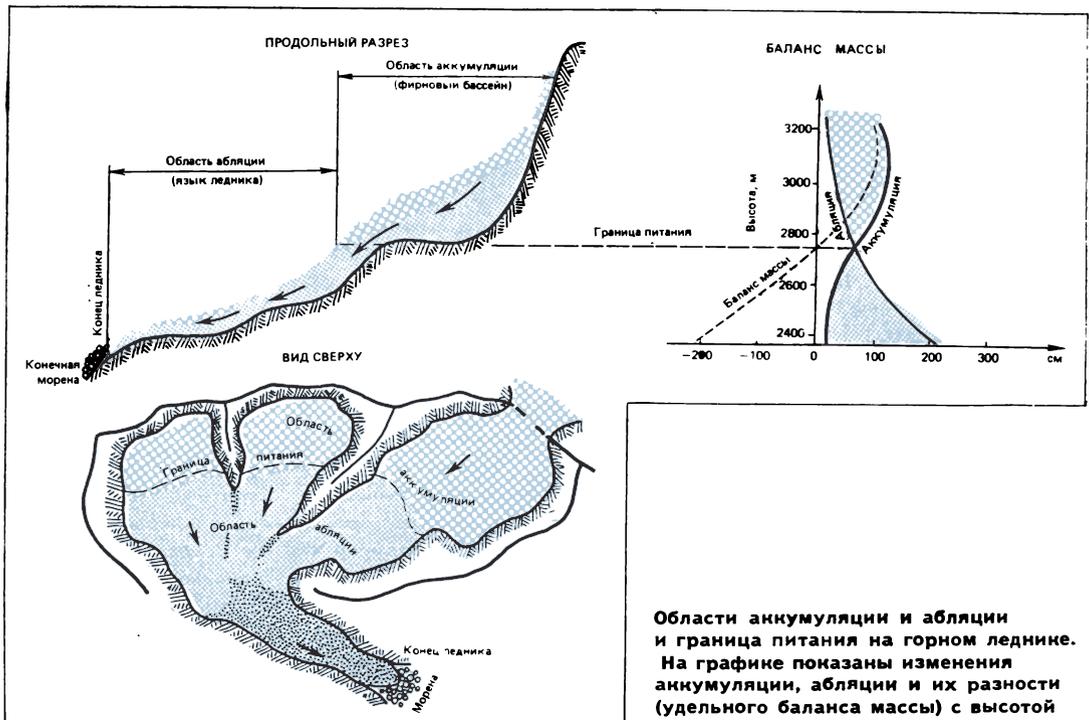
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С АТМОСФЕРОЙ

Ледники возникают в горах, на полярных равнинах или морском паковом льду, если за холодный период там выпадает больше снега, чем может стаять за теплый. Достигнув определенной толщины, лед начинает растекаться, а затем таять. Часть ледника, где лед накапливается, называется **областью аккумуляции (питания)**, другая же часть, где таяние превышает

аккумуляцию снега на поверхности, — **областью абляции (расхода)**. На границе между областями питания и расхода — **границе питания** — аккумуляция за счет накопления снега точно равна абляции за счет его таяния и испарения.

Когда климат изменяется, становятся иными величины накопления и таяния снега и льда, смещается граница питания, изменяются форма, размеры и положение концов ледников. Ледники могут даже исчезать вовсе и появляться вновь. Накопление (аккумуляция) и таяние (абляция) зависят от многих факторов — температуры воздуха, интенсивности солнечной радиации, влажности, скорости ветров. Интегральным показателем всех этих факторов может служить температура воздуха, с которой абляция связана определенной зависимостью. Это как раз и позволяет использовать оценки аккумуляции и абляции или их соотношения для реконструкции климата.

По данным о ледниках можно восстанавливать климат прошлого, но в том случае, если обратное влияние ледников не делает местный климат слишком отличным от регионального либо когда такое обратное влияние удается



учесть. Условие это, как правило, выполняется. Так, ледниковые щиты полярных островов могут за счет теплообмена с воздухом охладить на 1—2° лишь 100- или 200-метровый воздушный слой над своей поверхностью. Затраты тепла здесь в 100 раз меньше годовой кинетической энергии циклонов. Даже мощный ледниковый покров Гренландии поглощает энергию только небольших циклонов — порядка $2 \cdot 10^{15}$ кДж за сутки — и не способен разрушить более мощные циклоны. В результате крупные похолодания и потепления глобального климата отражаются и в приледниковом слое воздуха. Лишь мелкие «шумы» в этих колебаниях отсеиваются ледниками, выступаящими в роли фильтра.

Одновременно крупные ледниковые покровы оказываются усилителями колебаний глобального климата, воздействуя на радиационный баланс системы «Земля — атмосфера». Благодаря большому альбедо льда с ростом ледников увеличиваются потери тепла в космос (после многократных отражений в толще атмосферы и от облачного покрова). Уменьшение осадков с ростом ледниковых щитов выступает в качестве отрицательной обратной связи, приостанавливающей действие положительной — через альбедо и выхолаживание воздуха. Поэтому ледниковые покровы, как это подтвердили модельные расчеты, могут служить источниками автоколебаний климата, которые, в свою очередь, могут быть причиной серий оледенений Земли, чередующихся с периодами межледниковья.

Мы живем сейчас во второй половине одного из таких межледниковий, разгар его миновал несколько тысяч лет назад (эпоха климатического оптимума). Можно было бы ожидать, что через несколько тысяч лет наступит новый ледниковый период, если бы не вмешательство человека в развитие природных событий. Рост выделения углекислого газа, вероятно, должен привести к потеплению климата за счет «парниковых» свойств этого газа, прозрачного для солнечных лучей, но непрозрачного для излучения земного тепла (Земля и Вселенная, 1981, № 6, с. 19.— Ред.). Этому потеплению противостоит, однако, похолодание за счет экранирования Земли от Солнца нарастающим количеством пыли в атмосфере, вызванным опять-таки человеческой деятельностью. Как соотносятся эти два процесса, пока не ясно. И помочь здесь может информация о ледниках.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РАЗЛИЧИЯ КЛИМАТА

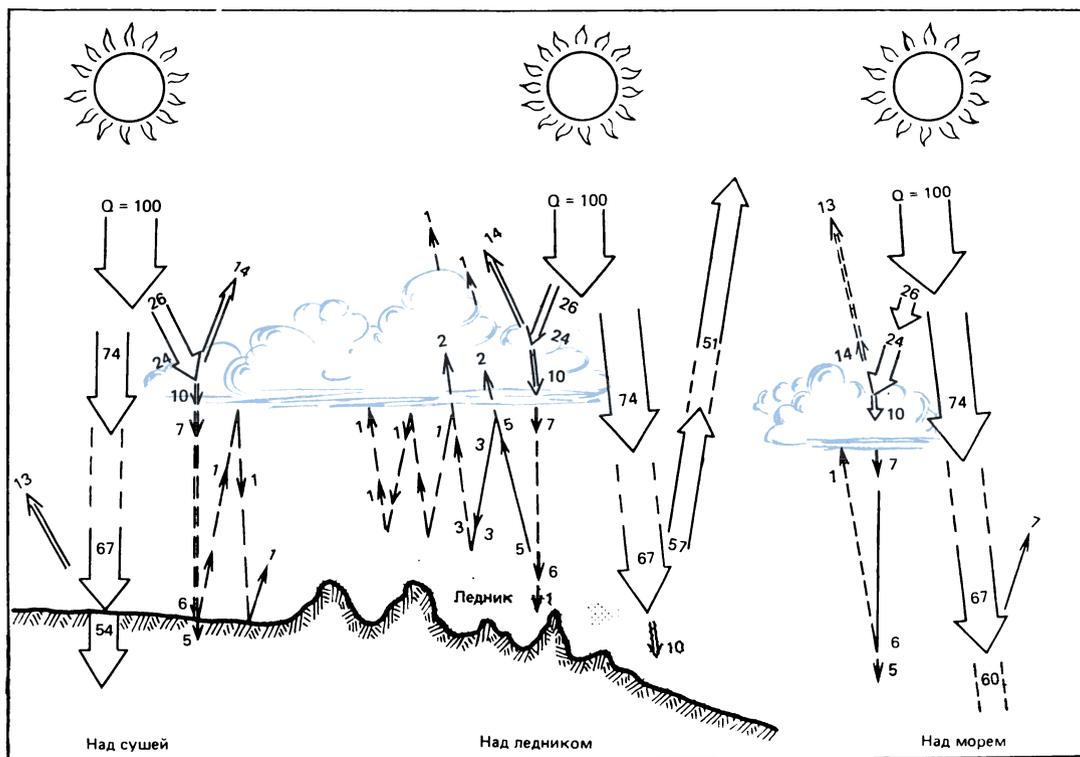
Рассмотрим конкретные пути индикации климата с помощью ледников, то есть определения его характеристик — осадков, температуры воздуха, распределения ветров. Интенсивность осадков на ледниках можно определить, выделяя годовые слои в шурфах или на обнажениях в трещинах по загрязнению летних горизонтов, концентрации в летних слоях ледяных прослоек, увеличению зерен льда, росту доли тяжелых изотопов O^{18} и H^2 в молекулах льда. Иногда годовое накопление осадков определяют по глубине залегания слоев, обогащенных продуктами радиоактивного распада и отложенных после ядерных испытаний. Продукты ядерных испытаний распространились в атмосфере и через два года достигли Антарктиды.

По величине аккумуляции льда и снега в Антарктиде можно оценить порядок величины расхода льда в море, до сих пор не поддававшейся измерению. С другой стороны, нередко удается оценить столь же «капризные» для измерения осадки на ледяных стенах типа Безенгийской на Кавказе или Аккемской на Алтае. И сделать это удается по расходу льда в питаемых с этих стен языках ледников.

Для суждения об осадках достаточно информации о высотном положении ледника, точнее, о высоте границы питания на нем. Среднее положение границы зафиксировано в каталогах ледников, его нетрудно определить по картам, граница видна на снимках с самолетов и спутников. Рассчитав летнюю температуру воздуха на границе питания, можно определить зависящую от температуры абляцию, а значит, и равную ей аккумуляцию, отражающую осадки.

Среднегодовую температуру воздуха над ледником при отсутствии таяния на поверхности можно определить, однократно измерив температуру в леднике на 10—15-метровой глубине. Там температура постоянная — ее сезонный ход затухает. Именно таким образом оценили температуру воздуха над поверхностью ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии.

Ледники могут также помочь в индикации распределения ветров. Здесь с успехом используется морфология ледников. Потоки льда на Земле Франца-Иосифа, выходящие в море, располагались навстречу влагонесущим ветрам, в то время как присклоновые ледники под



Распределение солнечного излучения (показано стрелками разной толщины), приходящего к Земле (стрелки вниз) и отраженного от нее, уходящего в космос (стрелки вверх) в зависимости от характера земной поверхности. Солнечная постоянная на верхней границе атмосферы условно принята за 100 единиц. По сумме направленных вверх потоков видно, что в области, покрытой ледником, суммарные потери тепла максимальны — до 67 единиц. Над сушей тание потери составляют 27, над морем — 20 единиц

бровками базальтовых плато — по направлению ветра. Двухлетние наблюдения на ледниковом куполе Чюрлениса показали, что распределение площадей ледников по странам света лучше фиксирует розу ветров, чем прибрежные метеорологические станции, расположенные под обрывами, искажающими поле ветров.

Гляциологическая информация прояснила множество особенностей климата, выявить которые оказалось не под силу сравнительно редкой сети метеорологических станций. Первая из

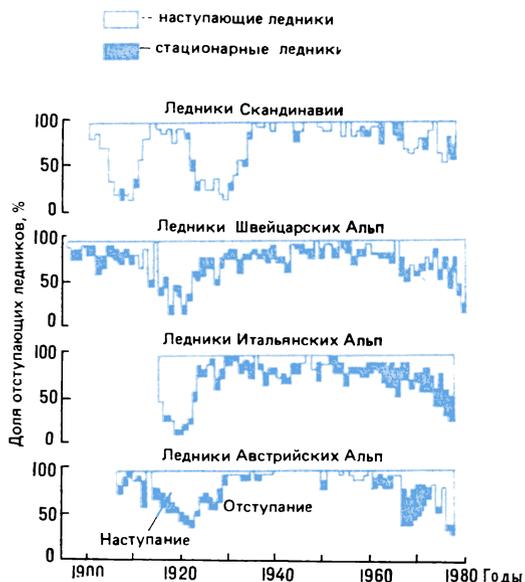
них — рост осадков в горах с высотой до больших высот, несмотря на низкое содержание влаги в атмосфере. Решающую роль играют здесь вертикальные потоки воздуха перед крутыми склонами. Подтверждение тому — обнаруженные в 1976—77-х годах экспедициями Московского государственного университета слои осадков толщиной более 1000 мм на фирновом плато вблизи пика Коммунизма (на Памире) на высоте 5500—6000 м над уровнем моря. Другие особенности поля осадков — их убывание по мере продвижения внутрь горного массива, барьерный эффект горных хребтов, роль прямых долин, направляющих потоки влаги, и поворотов долин как препятствий для ее проникновения в глубь горной местности, роль перевалов как ворот для осадков («где дорога, там влага»). В частности, крупнейший в Средней Азии ледник Федченко обязан своими размерами тому, что питается через прямые долины Язгулема и Ванча. Обращенный же к западу, то есть к влагонесущим ветрам, ледник Гармо получает меньше осадков — они теряются на коленах долины Обихингоу, в верховьях которой он расположен. В результате размеры этого ледника намного меньше.

Некоторые характеристики аккумуляции льда на высоте границы питания и форма розы ветров, зафиксированная ледниками и снежниками, используются для изучения переноса влаги. На основе этих данных высказано предположение, что горные системы Забайкалья (Кодар) и севера Верхоянского хребта (Орулган) получают преимущественно осадки атлантического происхождения, а горы Черского и Сунтар-Хаята — тихоокеанского. Такое представление существенно уточняет климатическое районирование. Подобные исследования проясняют пути переноса загрязнений в атмосфере, а следовательно, и распределение станций слежения за ними.

Поле аккумуляции на островных архипелагах и асимметрия морфологии оледенений помогают уточнить положение климатологических фронтов. Так, например, ледники Арктики (Баффиновой Земли, острова Элсмир, Исландии, Шпицбергена, Скандинавии, Земли Франца-Иосифа, Новой Земли, Северной Земли) сдвинуты к берегам, обращенным к оси арктического фронта и ложбин на картах среднего давления. Они обрамляют эти ложбины и потоки влажного воздуха вдоль них, как замерзшая пена и брызги. Обращенные друг к другу юго-восточные ледяные берега Земли Франца-Иосифа и северо-западные берега Новой Земли указывают на то, что этот фронт расположен между ними.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ВО ВРЕМЕНИ

Главным способом восстановления климата прошлого по ледникам служит изучение ледяного ядра из пробуренных в ледниках скважин. Прежде всего исследуется изотопный состав льда. Молекулы воды и льда состоят не только из нормальных изотопов кислорода (O^{16}) и водорода (H^1), но и их тяжелых изотопов, в том числе O^{18} и H^2 . Чем ниже температура, при которой формировались в прошлом твердые осадки, тем меньше в снегу и во льду изотопов O^{18} и H^2 . В среднем охлаждению температуры воздуха на 1° соответствует уменьшение доли тяжелых изотопов O^{18} на 1% стандартного уровня (морская вода), а тяжелых изотопов H^2 на $5-7\%$. По данным об изотопном составе ядра составляются кривые его изменений в ледниках с глубиной. Возраст льда определяют либо прямым счетом слоев (в верхних тысячах слоев, но не более), либо на основе математических моделей растекания льда, не слишком, впрочем, надежных.



Диаграмма, понижающая долю наступающих и стационарных ледников в ледниковых системах Западной Европы в нынешнем столетии. Как видно из диаграммы, период всеобщего сокращения ледников в 40—50-х годах сменился в 70-х периодом их равновесного состояния

В последнем тысячелетии обнаружены синхронные колебания климата по обе стороны Атлантики (Шпицберген, Гренландия, остров Девон). «Теплыми» были XII, XVI, XX века, «холодными» — XIII—XIV, XVII—XIX века. Глубокие керны со станций Кемп Сенчури в Гренландии, Берд в Канаде и Восток в Антарктиде обнаруживают резкое различие между повышенным содержанием O^{18} в верхних сотнях метров и пониженным — в более глубоких слоях. В первых двух случаях (станции Кемп Сенчури и Берд) содержание O^{18} вновь увеличивается в придонном слое, в последнем же (станция Восток), когда аккумуляция была меньше и возраст льда больше, — уже в средней части ледниковой толщи.

Если воспользоваться моделью растекания льда, то потепление и переход от ледникового периода к голоцену произошли около 14 000 лет назад. Изменение доли O^{18} , измеренное на станции Кемп Сенчури, соответствует потеплению на $11^\circ C$. Но частично это потепление объяснялось и снижением высоты

ледникового щита. Судя по давлению воздуха в пузырьках во льду, эта высота в ледниковый период в Гренландии была на 900 м, в Западной Антарктиде на 300—500 м, в Восточной на 100—200 м больше современной. Если учесть эти поправки на высоту, то потепление при переходе от вюрмского оледенения к послеледниковому периоду — голоцену составило повсюду — в Антарктиде, Гренландии и на острове Девон — около 6—7° С и наступило оно более 10 000 лет назад.

Повышение содержания O^{18} у ледникового льда в Кемп Сенчури и Берде приписывается предшествующему, «микулинскому» межледниковью (65 000—120 000 лет назад). Но такой оценке противоречит прямой счет слоев по микрочастицам, дающий возраст только 28 000 лет, так что, согласно этому счету, приходится отнести повышение температуры к гипотетическому межледниковью внутри вюрмского периода. В последние годы разрабатывается метод абсолютной датировки льда по изотопному составу углерода, содержащегося в углекислом газе пузырьков воздуха. Только применяя этот метод, удастся, вероятно, решить вопрос окончательно.

По составу газов в пузырьках воздуха можно установить также характер земной атмосферы в ледниковый период. Из-за ослабления фотосинтеза на планете содержание кислорода было тогда понижено на 1%, а содержание аргона повышено. Углекислого газа (CO_2) в атмосфере ледникового периода содержалось вдвое меньше, чем в современной, и колебания его, как считают, связаны с температурой воздуха. Большую роль здесь играют океан как растворитель CO_2 и растительность как одновременно поглотитель его при питании и источник при дыхании. Все эти процессы зависят от температуры воздуха, которая, как уже говорилось, «не безразлична» к количеству CO_2 .

Важным индикатором климата оказывается содержание микрочастиц во льду, которое в полярных покровах имеет сезонный и вековой ход. С похолоданием число частиц увеличивается в несколько раз — это результат усиленного воздухообмена между различными широтами Земли. Состав микрочастиц говорит о том, что пришли они с сухих областей континентов. Особенно большое количество микрочастиц, а значит, и особенно интенсивный межширотный воздухообмен приходятся на ледниковый период, когда расстояние между жаркими и холодными зонами уменьшалось

и градиенты температуры и плотности воздуха возрастали. Очевидна связь похолоданий не только с увеличением содержания CO_2 , но и с ростом запыления атмосферы. Химический состав примесей отражает либо ослабление осадков в ледниковый период, либо усиление воздухообмена и вулканической деятельности.

Наконец, о температуре воздуха в прошлом можно судить по современной температуре льда на глубинах, а также по доле льда, который образовался при вторичном замерзании талой воды. Оценивают температуру по скорости роста кристаллов льда с глубиной.

Кроме изучения кернов для индикации климата используется датировка морен, откладывающихся в благоприятные для ледников периоды. Датировка выполняется по изотопному анализу углерода в растительных остатках (изотоп C^{14} накапливается в них после прекращения дыхания), дополненному возрастом самых крупных лишайников на валунах в морене. Возраст лишайников определяют по диаметру лишайниковых пятен. Согласно датировкам, морены откладывались в XIII и XVII—XIX веках, когда было похолодание климата. Ученые располагают историческими данными о колебаниях концов ледников. В начале XVII века в архивах альпийских общин накопились документы, в которых сообщается о жалобах крестьян на... ледники, отнимавшие у них земли, и о приглашении служителей культа для освящения концов ледников, чтобы заставить их отступить. К этому времени участились также внезапные быстрые подвижки ледников. Регулярных наблюдений за положением концов ледников тогда еще не было — они ведутся только с конца прошлого века. Почти все ледники отступали в первые годы нашего века и в 1925—1960 годах. Однако после 1960 года начала расти доля наступающих ледников. Участились и быстрые подвижки таких ледников как Бырс, Дидаль или Медвежий на Памире. Возможно, это первые свидетельства нового изменения климата. Во всяком случае, они доказывают, что антропогенное накопление CO_2 в атмосфере пока еще не повлияло на нормальный ход глобальных процессов в атмосфере.



Ледники и земная кора

ЛЕД КАК ГОРНАЯ ПОРОДА

Лед и снег — такая же горная осадочная порода, как, например, каменная соль. Только первая образуется при конденсации водяного пара, вторая же — при кристаллизации раствора солей морской воды. С другой стороны, лед — это и уникальная горная порода: она может находиться в трех фазовых состояниях — твердом, жидком и газообразном. В умеренных широтах снег образует тончайшую, исчезающую каждое лето пленку на поверхности Земли, в высоких широтах, постепенно накапливаясь, он создает мощные — толщиной до 4—5 км — залежи льда. В Антарктиде таким способом возник ледяной массив объемом около 30 млн. км³. Если учесть и Гренландский ледниковый покров, то окажется, что на 0,1 площади земных континентов осадочный чехол на 2 км состоит из льда. Эта величина вполне сопоставима со средней толщиной осадочного чехла всей Земли, равной 3—4 км.

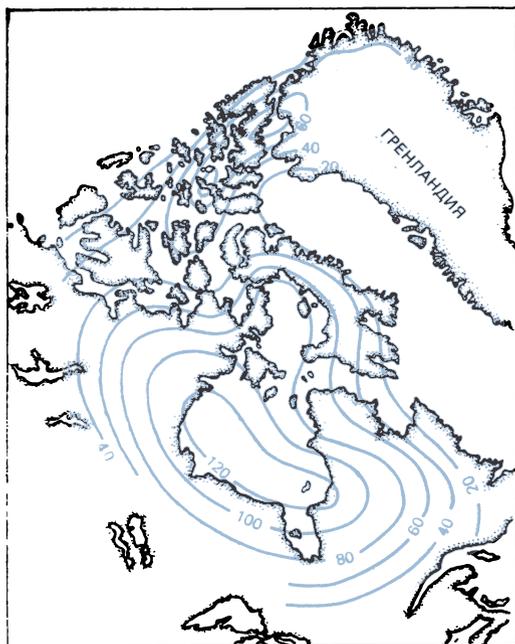
Такое заметное участие льда в строении коры планеты — не уникальное явление в Солнечной системе. Десять спутников Юпитера и Сатурна на 70—90% сложены из льда — по земным масштабам это колоссальная доля. Из всех ледников Земли можно построить только один маленький ледяной спутник Сатурна — Мимас. Самый крупный «летающий ледник» в Солнечной системе — спутник Юпитера Ганимед — содержит 463 млн. км³ льда, а всего вокруг Сатурна и Юпитера вращается ледяная масса объемом 149 873 млн. км³. Практически вся внутренняя динамика этих небесных тел определяется свойствами льда. Крупные спутники Сатурна и Юпитера — Титан, Каллисто и Ганимед радиусом около 2500 км, вероятно, на 70% состоят из льда нескольких модификаций, возникающих при разных сочетаниях давления и температуры внутри планет. Изменяется модификация —

лед, как обычные породы в глубинах Земли, меняет объем, плотность, кристаллическую структуру, вязкие свойства. Видимо, внешние слои ледяных планет образованы более «жестким» льдом, чем внутренние, и напоминают по строению Землю с ее более жесткой корой.

ГЛЯЦИОИЗОСТАЗИЯ

Крупные ледниковые покровы Земли в рамках геологического времени — быстро меняющиеся эфемерные образования. Всего за несколько тысяч лет — практически мгновенно — огромная масса воды забирается из океанов и аккумулируется в ледниках на континентах. Так же молниеносно при распаде оледенения вода возвращается в океан. Это вызывает, с одной стороны, колебания уровня Мирового океана и давления на его дно, с другой — резкие изменения нагрузки на земную кору в области оледенений. Ледяная масса двухкилометровой толщины, обычная для покровных ледников, давит на земную кору с такой силой, как если бы на ней лежала гранитная плита толщиной 700 м. Под воздействием такой дополнительной нагрузки земная кора опускается.

Под ледником мощностью 2 км земная кора продавлена примерно на 700 м. Когда земная кора прогибается, подкорковые массы растекаются по горизонтали из области оледенения к ее периферии, и растекаются они (со скоростью нескольких сантиметров в год) в астеносфере — слое пониженной вязкости на глубине 100—300 км (Земля и Вселенная, 1978, № 5, с. 36. — Ред.). Масса выдавливаемого материала иногда не успевает полностью пройти по тонкому слою астеносферы, и тогда по краям ледникового покрова возникает **вздутие земной коры**. При распаде оледенения земная кора начинает быстро выпрямляться и за несколько тысяч лет возвращается в равновесное положение.



Схема, иллюстрирующая гляциоизостатическое поднятие Канадского щита и Американской Арктики за последние 6000 лет (по Р. Уокотту). Цифры на изолиниях — метры

Описанное явление, называемое **гляциоизостазией**, подтверждается наблюдениями. Величину прогибания и скорость поднятия в древнеледниковых областях можно восстановить, во-первых, по перекосу озерных террас (ближний к центру оледенения край озера поднимается выше, чем удаленный, поэтому озерная терраса одного возраста имеет разную высоту), во-вторых, по высоте и возрасту морских террас, возникших в зоне прогиба после исчезновения льда и проникновения в них моря. Например, береговые линии в Ботническом и Гудзоновом заливах, существующие менее 10 тыс. лет (это еще не весь период поднятия), лежат на высоте 285 м над современным уровнем моря. С помощью этих двух методов установлено, что в центрах оледенений Скандинавии и Северной Америки 18 тыс. лет назад земная кора была изогнута почти на 900 м. В районе Стокгольма она и сейчас подымается на 4 мм в год, а северная часть Ботнического залива поднимается ежегодно на 9 мм. По некоторым данным, цен-

тральная часть Фенноскандии должна будет подняться еще на 200 м, чтобы вернуться к равновесным условиям (Земля и Вселенная, 1977, № 3, с. 26.—Ред.). В результате этих движений каждое столетие площадь Финляндии увеличивается на 1000 км². Только благодаря исключительно высокой динамичности ледяных масс на больших площадях земной коры происходят движения такой интенсивности. В конечном итоге это — следствие крайней неустойчивости такой породы, как лед.

Гляциоизостазия влияет как на ледники, так и на земную кору: в коре и под корой Земли периодически деформируются и перекачиваются большие массы материала. Возможно, с таким перекачиванием связано образование некоторых нефтегазоносных месторождений и цинково-свинцовых руд. В первом случае к периферии зоны оледенения отжимаются углеводороды, во втором — давление под ледником резко перестраивает рисунок подземного стока и в краевой части возникает зона интенсивной разгрузки глубинных «рассолов», содержащих ионы металлов.

Погружение ложа ледника ниже уровня моря сильно изменяет динамику самого ледника, вступающего в прямой контакт с океаном. Когда лед исчезает, в область еще не компенсированного прогиба часто проникает море и начинают формироваться морские отложения, надстраивающие верхний осадочный чехол земной коры. Периодические резкие смены нагрузок развивают «усталость» в горных породах, и земная кора, особенно в областях плотных кристаллических пород типа гранитов, начинает «шелушиться» — образуются крупные каменные чешуи, хорошо известные в Скандинавии и на Лабрадоре. Тем самым подготавливается каменный материал, который легко сносится ледником на следующем этапе своего развития.

ЛЕДНИКИ И ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ ПОТОК ТЕПЛА

Ежегодно поверхность Земли получает от Солнца $5,4 \cdot 10^{24}$ Дж, а из недр — около $10,1 \cdot 10^{20}$ Дж тепла. Из этих цифр следует, что **внутренний тепловой поток** в 5 тыс. раз меньше и, казалось бы, он не играет почти никакой роли в жизни ледников. Тем не менее за счет внутреннего потока тепла под современным ледниковым покровом Антарктиды образуется не менее 20 км³ воды в год. Дело в том, что с зарождением ледникового покрова сразу же возникает «ледяная крыш-

ка», которая не дает рассеиваться теплу, поступившему из недр. В леднике, таким образом, начинают действовать те же законы распространения тепла, что и в земной коре. Коэффициент теплопроводности льда не бесконечно велик, а температура на его поверхности не может беспредельно понижаться, поэтому лед у ложа ледника, достигнув критической толщины, приобретает нулевую температуру. Поверхность центральной Антарктиды охлаждена до -60° , но, поскольку ледник имеет здесь мощность более 3 км, его ложе «теплее», то есть нагрето до температуры плавления (при толщине льда 2 км температура его плавления у дна равна $-1,38^{\circ}\text{C}$).

Действительная картина распределения тепла в самом леднике и у его ложа весьма непростая. Лед, как и всякая горная порода, разрушается и деформируется, но темпы этих процессов по сравнению с темпами тех же процессов в других горных породах гораздо более высокие. Например, на концах ледников за одно лето может стать слой льда толщиной более 10 м. Скорости «течения» ледников достигают иногда 1 км/год, в среднем же это десятки или сотни метров в год. Пожалуй, единственным близким аналогом льда служит каменная соль. Ее крупные выходы в районе Персидского залива дают начало соляным «ледникам», движущимся со скоростью долей метра в год. Но образования эти уникальны, по размеру их нельзя сравнить с обычными ледниками, которые только на территории СССР занимают примерно 80 тыс. км² и содержат около 20 тыс. км³ льда.

Быстротечность движения, накопления и таяния льда имеет свои последствия. Во-первых, заметно перераспределяется тепло, поступающее из Земли; во-вторых, с каждым новым слоем снега, выпадающим в области питания ледника, в глубь его «закачивается» дополнительное количество холода, а в области таяния лед, поднимаясь к поверхности, выносит тепло из глубины; в-третьих, при деформации льда и при его скольжении на отдельных участках ложа выделяется дополнительное тепло. Вот и получается, что рисунок распределения тепла и движения ледника весьма сложен, к тому же с изменением температуры меняются сами механические свойства льда. Но все же одна из ведущих ролей в этом сложном взаимодействии принадлежит тепловому потоку Земли.

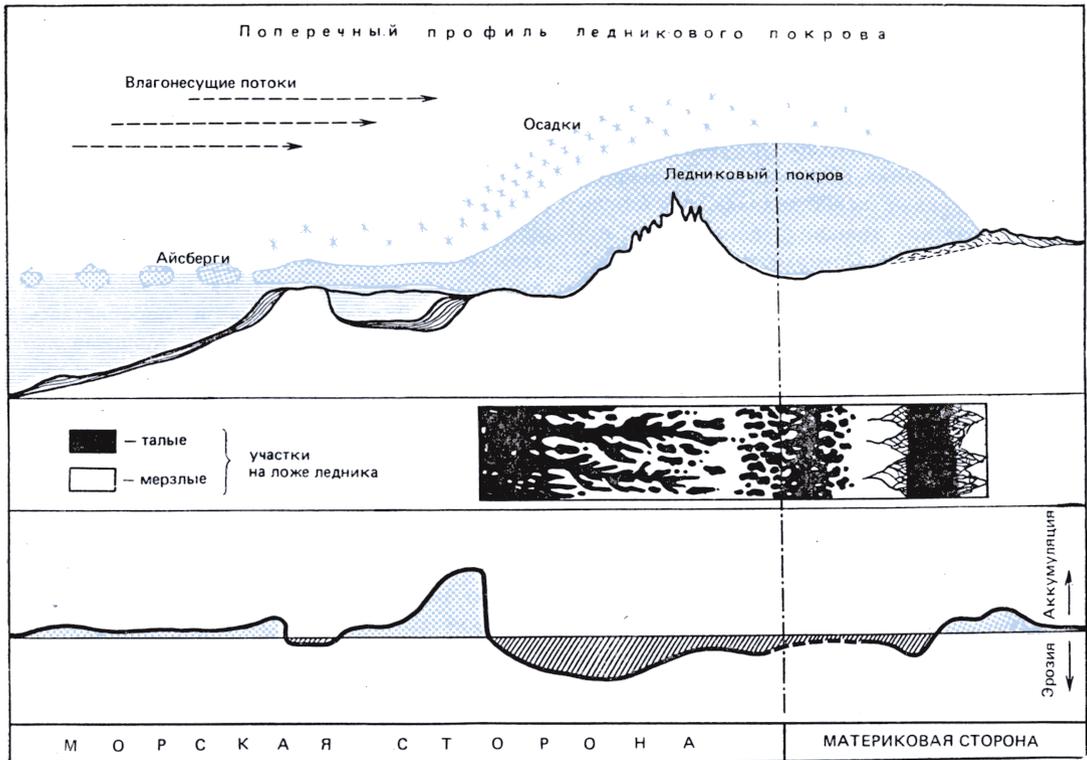
РОЛЬ ВУЛКАНОВ

Тепловой поток из вулканов порой в тысячу раз превышает средние его значения на земной поверхности. Лежащие на вулканических горах ледники соприкасаются с расплавленным веществом земной коры: при извержениях потоки лавы внедряются в ледник, проплаывая в нем внутреннюю полость, при этом мгновенно испаряются большие объемы льда. Лава может изливаться и поверх льда, ее потоки, перекрециваясь и переплетаясь, пронизывают все тело ледника. Мощные выбросы пепла и шлака засыпают ледники, и лед, насыщаясь вулканическим материалом, способен изменить свои физические свойства.

При крупных извержениях ледники на вулканах частично или полностью тают, в результате чего грандиозные грязевые потоки двигаются по склонам вулкана, проходя около 80 км в час и удаляясь на 300 км от него. Такой же эффект получается, когда прорываются внутриледниковые воды из полостей или озер в кальдерах, созданных огромным потоком растапливающего лед тепла. В процессе извержения 1934 года исландского вулкана Гримсвотн, одетого льдом, за полтора дня было выброшено из-под ледника как минимум 10,5 км³ воды.

Взаимодействие вулканов и ледников не ограничивается быстрым таянием последних, загрязнением льда и специфическими внутриледными извержениями (они, кстати, образуют оригинальные ледниково-вулканические отложения и особые формы рельефа). Вулканы, обладая большой высотой, благоприятствуют развитию оледенения, особенно в тропических областях. Ионизация и запыление атмосфер, связанные с вулканической деятельностью, вероятно, способствуют локальному увеличению снегопадов, а значит, и улучшению питания ледников.

Завершение последнего оледенения Земли 9—11 тыс. лет назад совпало с усилением выноса глубинного вещества из земных недр. Есть предположения, что это — реакция на ледниковое перераспределение нагрузки и связанное с этим повышенное растрескивание литосферы в переходных зонах от материков к океанам. Кроме того, обнаружено, что этапы увеличения вулканической запыленности атмосферы Земли совпадают с глобальными разрастаниями оледенений. Причинно-следственная связь этих двух явлений пока изучена слабо.



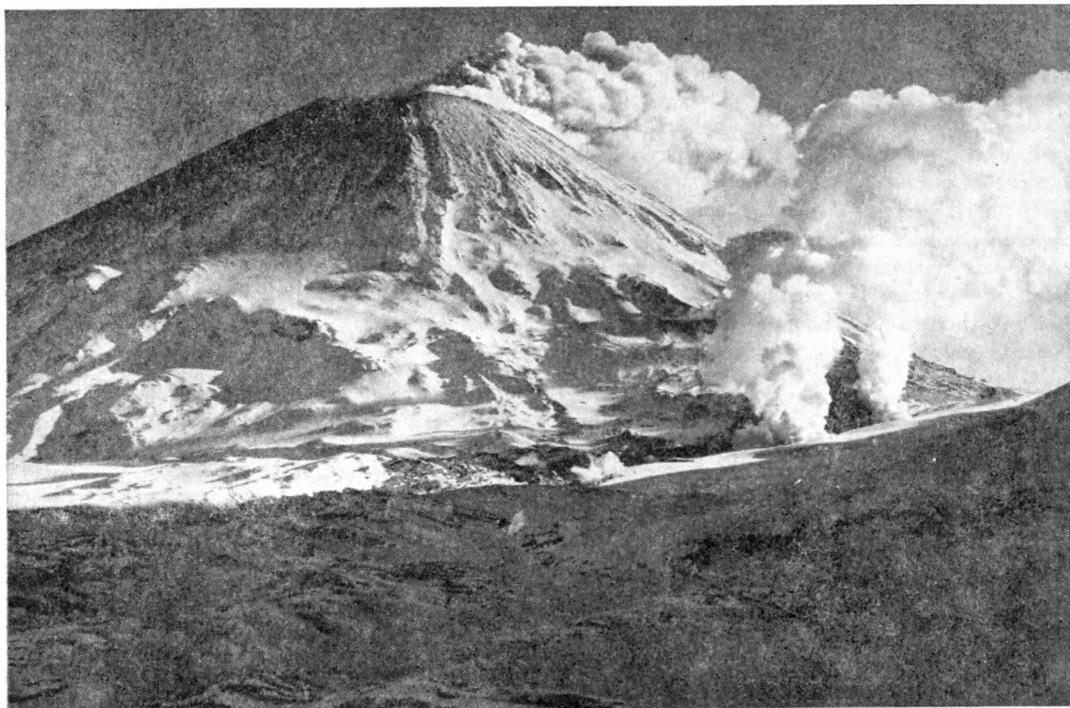
ЛЕДНИКИ ИЗМЕНЯЮТ РЕЛЬЕФ ЗЕМЛИ

Часто придонные слои ледников насыщены камнями, и они, как гигантские напильники, выкрашивают и истирают горные породы, по которым движется ледник. Чем больше массовый оборот льда, тем сильнее преобразуется подстилающая ледник поверхность. Следы ледникового воздействия — это и микроразрубки на зернах песка, и глубокие и тянущиеся на сотни километров долины в коренных породах. Льды выпихивают, измельчают и перемещают на десятки и сотни километров многие тысячи тонн каменного материала. Покрывавшие Северную Европу в течение последних 100 тыс. лет ледники отложили на ее равнинах 20—40-метровый слой осадков. За последний миллион лет ледники, доходящие до северо-восточной Атлантики, удалили из прибрежных районов и перенесли в океан 750 тыс. км³ горных пород. Около 30% этого объема осталось на шельфах, почти 60% отложилось на подводных континентальных склонах, оставшаяся часть выпала в глубоководных бассейнах или в более южных широтах (в зоне таяния айсбергов). За тот же миллион лет оле-

Схема геологической деятельности ледникового покрова. На материковой стороне ледникового покрова его ложе выше уровня моря, лед расходится на таяние, на морской стороне — ниже уровня моря, лед расходится главным образом на откол айсбергов. Внизу показана кривая относительной интенсивности ледниковой аккумуляции и эрозии. Максимальная эрозия — на морской стороне в области перехода от мерзлой к полностью талой зоне, максимальная аккумуляция приурочена к континентальному склону

денения Северной Америки перенесли в северо-западную Атлантику около 1 млн. км³ осадков. Все это говорит о том, что среди процессов, действующих на поверхности Земли, ледники — самый мощный фактор рельефообразования.

Разрушение горных пород ледниками многообразно. Скальное основание разрушается из-за откалывания или истирания, а рыхлые отложения, подстилающие ледник, могут смещаться. В горах ледники переносят много камней, упавших со склонов. Кроме того, на подошве ледника идет химическое растворение,



Прорыв лавы в толще ледника Богдановича в октябре 1974 года, Ключевской вулкан, Камчатка

Фото Н. П. Смелова

очевидно, тесно связанное с истиранием, и водная эрозия. Скорость истирания, как, впрочем, и откалывания, зависит от множества факторов. Не вдаваясь в детали, можно сказать, что скорости разрушения ложа определяются сочетанием трех условий: температуры на ложе — талое или мерзлое; характера ложа — скальное или рыхлое; скорости и вида движения льда — высокая или низкая, скольжение по ложу или деформация в толще. По сочетанию этих условий выделяются **четыре разные зоны**: талая, мерзлая и две переходных — от талой к мерзлой и наоборот. В талой зоне ледник скользит по ложу и происходит донное таяние. По всей поверхности контакта ледника с ложем откалываются, дробятся и истираются обломки, часть образующейся пыли и песка уносится током воды к периферии ледника. Если на ложе много воды и оно состоит из маловодопроницаемых рыхлых пород, то ложе ледника начинает ползти, и ледник «едет» на нем. Вообще говоря, деформации грунта перед фронтом ледника или под самим ледником

бывают очень велики и образуют целую серию разнообразных гляциотектонических образований.

Обе переходные зоны — это области линейной эрозии. Скольжение льда в них сосредоточено на узких участках, где ледник особенно глубоко врежется в грунт. Отличаются переходные зоны друг от друга тем, что в одной вода, несущая распыленные частицы, постепенно примерзает к подошве ледника и включается в состав донного мореносодержащего льда, в другой же — из-за донного таяния обломки, содержащиеся во льду, постепенно выносятся к ложу.

В областях древних оледенений положение всех этих зон легко восстановить по расположению областей с площадной или линейной эрозией, с мало измененной поверхностью озерных или фьордовых районов. Интенсивно преобразуя рельеф и создавая на обширных площадях Земли самые разнообразные эрозионные и аккумулятивные формы, ледники запечатлевают в них многие особенности своей внутренней динамики.

ЧТО ПОКА НЕ ИЗВЕСТНО?

В каждой из рассмотренных проблем, безусловно, есть свои белые пятна. Это касается, например, **физических свойств льда**. Лучше

всего они изучены для чистого нормального земного льда, так называемого льда-1. Но его свойства заметно меняются, если в нем есть обломки горных пород. Физика такого льда изучена гораздо слабее. О свойствах льда других модификаций (всего их десять и они, вероятно, составляют основную массу ледяных тел на других планетах) имеются только отрывочные сведения. Нет единого мнения о характере поведения земной коры при ледниковой нагрузке, соотношении гляциоизостатических движений с тектоническим режимом. Ученые еще только начинают изучать единый процесс разрушения оледенения, гляциоизостатического поднятия и изменения уровня океана. Одна из коренных задач гляциоло-

гии — исследование условий и процессов на ложе ледников — еще далека от своего решения, хотя с ней связаны важные вопросы теплового режима ледников, их движения, взаимодействия с подстилающими породами. Особенно ясно это стало сейчас, когда появилось множество разных моделей, описывающих поведение ледника или его отдельные свойства. Хочется надеяться, что решение проблем гляциологии принесет пользу не только самой этой науке, но и всем другим, изучающим Землю и иные планеты.



Движение газа в эллиптических галактиках



У некоторых эллиптических галактик газ сосредоточен в центре: там из этого газа образуются молодые звезды. Но существуют эллиптические галактики, обладающие, подобно спиральным галактикам, мощным газовым диском. Его легко заметить на фотографиях: темная полоса, пересекающая изображение галактики, вызвана пылью, входящей в состав межзвездной среды. По положению этой темной полосы легко определить ориентацию диска в теле галактики. И вот что странно: из 40 галактик, у которых была определена ориентация газового диска, лишь у 20 диск располагался вдоль большой оси, тогда как у остальных — вдоль малой оси галактики. Долгое время сплюснутость эллиптических галактик считалась следствием их вращения вокруг полярной (малой) оси. А поскольку межзвездная среда и звезды обмениваются между собой веществом, газ дол-

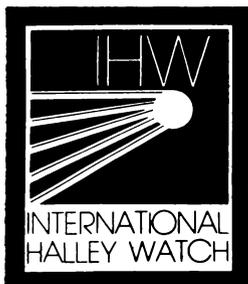
жен двигаться в сторону преимущественного движения звезд, то есть вращаться вокруг малой оси галактики.

Наблюдения последних лет поставили под сомнение связь эллиптической формы галактик с их вращением: часто скорость вращения галактик далеко не достаточна, чтобы объяснить их эллиптическую форму. Расчеты показали, что галактика может и вовсе не вращаться как целое, имея, при этом весьма сложную форму, которая зависит от того, как движутся отдельные звездные потоки.

Прежде полагали, будто устойчивое движение газа возможно только по круговым орбитам — в плоскости симметрии галактики. Например, если галактика — сплюснутый эллипсоид, то газ должен вращаться вокруг малой оси, если вытянутый эллипсоид, то во-

круг большой. А как будет двигаться газ в трехосной галактике, у которой нет оси симметрии? Этот вопрос исследовали астрономы Д. Мерритт (США) и Т. де Зеуф (Нидерланды). Они выяснили, что в одной и той же галактике газ способен двигаться как вокруг большой, так и вокруг малой оси — все зависит от того, на какую орбиту он был «выведен» с самого начала. Даже в трехосной галактике газ может вращаться и вокруг большой, и вокруг малой оси. Но не значит ли это, что исчезла надежда по положению пылевой полосы определять характер вращения и форму галактики? Расчеты показали: если из спектральных наблюдений уточнить направление вращения газового диска и независимо измерить скорость движения звезд в разных частях галактики, то удастся определить скорость вращения галактики и решить вопрос о ее форме — является ли она аксиально-симметричной или эллипсоидальной с тремя неравными осями.

Кандидат
физико-математических наук
В. Г. СУРДИН



Член-корреспондент АН УССР
Я. С. ЯЦКИВ
 Кандидат физико-математических
 наук
К. И. ЧУРЮМОВ

Международная программа наблюдений кометы Галлея

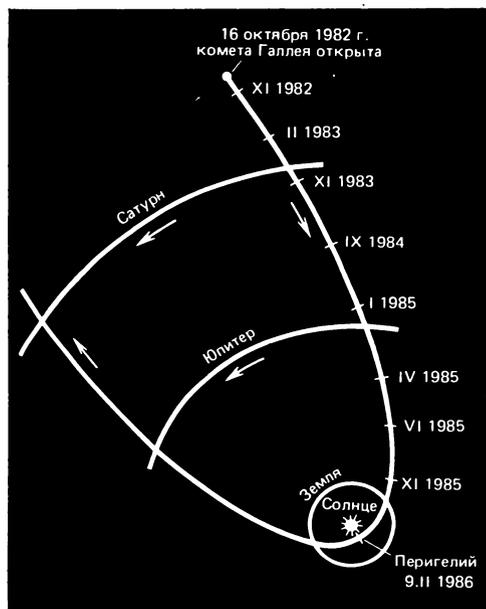
В период сближения кометы Галлея с Землей астрономы и любители астрономии из разных стран будут проводить всесторонние наблюдения кометы по единой программе.

СОТРУДНИЧЕСТВО АСТРОНОМОВ В ИССЛЕДОВАНИИ КОМЕТЫ

Исследователи не впервые объединяют свои усилия для изучения кометы Галлея — самой яркой среди периодических комет, регулярно, примерно раз в 76 лет, появляющейся на земном небосводе. Готовясь к первому предсказанному возвращению кометы Галлея в 1759 году, математик А. Клеро, астроном Ж. Лаланд и известная вычислительница орбит К. Лепот определили элементы ее орбиты и эфемериду (положение кометы на определенные дни года). На основе этой эфемериды комета была обнаружена вблизи предсказанного места на небе (Земля и Вселенная, 1982, № 5, с. 38.— Ред.).

Первую научную программу астрономических наблюдений и исследований кометы Галлея в 1835—1836 годах сформулировал В. Я. Струве. Итогом этой программы стала созданная Ф. А. Бредихиным теория образования и развития кометных голов и хвостов, которая легла в основу знаменитой бредихинской классификации кометных хвостов, не потерявшей научного значения и в наши дни (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 45.— Ред.).

К следующему появлению кометы в 1909—1911 годах такие известные астрономы, как Э. Барнард, Дж. Комсток и К. Перрайн в США, К. Д. Покровский и А. А. Михайлов в России, предприняли попытку организовать международную службу кометы Галлея. Во многие обсерватории мира были разосланы подробные инструкции по наблюдению коме-



Участок орбиты кометы Галлея
 вблизи Солнца

ты. Ученые призвали и любителей астрономии, располагавших биноклями и небольшими телескопами, принять активное участие в наблюдениях кометы. Благодаря этим мероприятиям был получен обширный наблюдательный материал. Однако координацию всех исследований кометы Галлея в те времена осуществить не удалось — еще не было научных союзов, в том числе и Международного астрономического союза (МАС), объединяющего ученых мира в их стремлении познать тайны Вселенной. И только к предстоящему в 1985—1986 годах появлению кометы Галлея была разработана детальная международная программа наблюдений и исследований кометы с Земли и из космоса: впервые в истории нау-

ки «на свидание» с ядром кометы полетят космические аппараты.

Идею такой программы высказал в 1979 году американский астроном Л. Фридман. Он обратился к руководству Национального управления по авионавигации и исследованию космического пространства (НАСА) с предложением разработать программу наблюдений кометы Галлея в 80-х годах нашего столетия. Идея Фридмана была одобрена, и он вместе с Дж. Бергстралком, Д. Йомансом и Р. Ньюбэрном приступил к созданию проекта Международной программы наблюдений кометы Галлея (International Halley Watch — IHW). После длительного обсуждения и уточнения на различных астрономических конференциях, в том числе и на XVIII Генеральной ассамблее МАС в 1982 году, проект получил всеобщую поддержку. МАС признал эту программу и установил в 1985—1986 годах «дни кометы Галлея», во время которых будут выполняться всевозможные координированные наблюдения кометы.

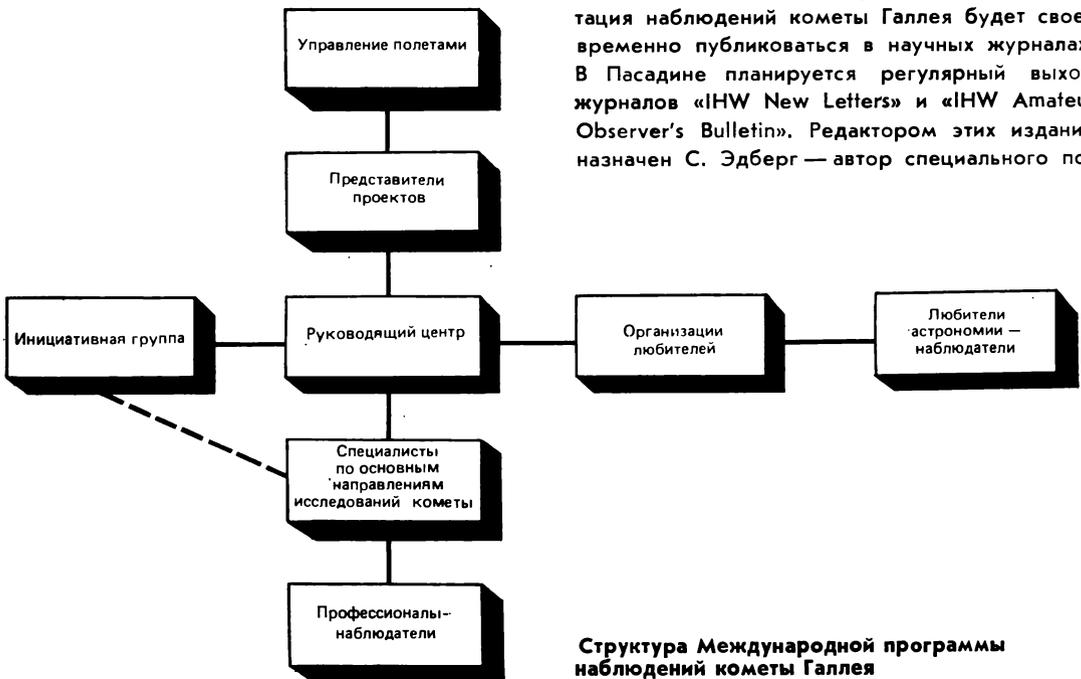
IHW призвана стимулировать, поощрять и координировать все исследования кометы Галлея в период ее ближайшего появления; всемерно содействовать стандартизации методов наблюдений и используемой для этой цели научной аппаратуры; обеспечить контроль за

правильной записью данных и результатов наблюдений по единому образцу. В центрах IHW будет собираться вся информация о комете, которая затем поступит в распоряжение заинтересованных ученых, представителей прессы и широкой общественности. Но главная задача IHW — координация наземных наблюдений кометы, которые будут проводиться профессионалами-астрономами и любителями астрономии из разных стран мира.

СТРУКТУРА IHW

Во главе IHW стоят два руководителя — Р. Ньюбэрн (США) и Ю. Рае (ФРГ), возглавляющие два центра IHW: в Пасадине (Западное полушарие) и в Бамберге (Восточное полушарие). Сеть IHW в Европе, Азии и Африке поддерживает оперативную связь через Бамберг, в Западном же полушарии, включая Японию, Филиппины, Индонезию, Австралию и Новую Зеландию, связь осуществляется через Пасадину. Все данные по IHW будут накапливаться в компьютерах и в Пасадине, и в Бамберге.

Руководящий центр IHW отвечает за публикацию полного архива данных о комете Галлея, который предполагается издать в конце 1989 года в Пасадине и затем передать в Бамберг. В этот архив войдут только данные наблюдений без их интерпретации. Интерпретация наблюдений кометы Галлея будет своевременно публиковаться в научных журналах. В Пасадине планируется регулярный выход журналов «IHW New Letters» и «IHW Amateur Observer's Bulletin». Редактором этих изданий назначен С. Эдберг — автор специального по-



Структура Международной программы наблюдений кометы Галлея

собия по различным видам любительских наблюдений.

Все организационные вопросы руководящий центр IHW согласует с инициативной группой MAC, в составе которой 22 ученых из десяти стран мира, в том числе из СССР.

В IHW участвуют представители тех стран, которые планируют полеты к комете Галлея: от Советского Союза — академик Р. З. Сагдеев (проект «Вега»), от стран, входящих в Европейское космическое агентство, — Р. Рейнард (проект «Джотто»), от Японии — К. Хирао (проекты «Планета-А» и MS-T5). В IHW входят и представители США — Р. Фаркхар и Р. Браун (наблюдения за кометой с борта спутников ISEE-3 и OSS-3 без сближения с кометным ядром). Руководство IHW предполагает включить все данные, полученные в результате космического зондирования кометы, в архив кометы Галлея.

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В рамках IHW создано семь служб, координирующих наблюдения кометы Галлея по различным научным направлениям. Каждую службу возглавляют известные специалисты — координаторы IHW. Вкратце познакомим читателей с задачами этих служб.

Астрометрическая служба действует с 16 октября 1982 года, когда комету только обнаружили (Земля и Вселенная, 1983, № 2, с. 34.— Ред.). Первые же наблюдения позволили уточнить ее орбиту и время прохождения перигелия — 9 февраля 1986 года, примерно в 14 часов по московскому времени. И в дальнейшем точные измерения положений кометы и ее звездных величин будут оперативно использоваться для улучшения кометной орбиты и эфемериды. В этом чрезвычайно заинтересованы наземные наблюдатели и специалисты по космическим исследованиям, занимающиеся подготовкой полетов аппаратов к комете. С середины января по конец февраля 1986 года комета Галлея будет находиться в соединении с Солнцем (она расположится между Солнцем и Землей) и ее не удастся наблюдать с Земли. Космические зонды пролетят вблизи кометного ядра между 6 и 13 марта 1986 года, поэтому особую ценность представят точные положения кометы, полученные за одну-две недели до пролета космических аппаратов вблизи ядра кометы, то есть сразу же после выхода кометы из соединения с Солнцем. И в этой работе астрометрическая сеть IHW

возлагает большие надежды на опытейших астрометристов-наблюдателей. Планируется создание опорного каталога звезд для определения координат кометы. Эти координаты будут оперативно передаваться в центры, вычисляющие эфемериды.

Служба крупномасштабных явлений должна получить качественные изображения кометы с хорошим разрешением. Эти снимки помогут проследить, как будут развиваться кометные формы и какие быстрые изменения произойдут в плазменном хвосте, а также изучить абсолютное распределение пылевых частиц и газа в голове и хвосте кометы на различных расстояниях от Солнца. В результате, возможно, удастся разгадать механизм, управляющий крупномасштабными явлениями в кометах. Сопоставив явления в плазменном хвосте кометы с динамическими характеристиками солнечного ветра, исследователи в дальнейшем смогут надежнее использовать кометы как зонды солнечного ветра. Служба будет согласовывать свои действия с работой космических аппаратов. Одновременные снимки, сделанные с Земли и с пролетной траектории вблизи кометы, позволят получить первые стереоскопические изображения кометы.

Служба околоядерных явлений будет вести фотографические наблюдения внутренних областей кометной головы. В этих областях газ и пыль распределены неравномерно, поскольку неоднородна структура кометного ядра и с его поверхности происходит асимметричное истечение газов. В результате в голове кометы наблюдаются галосы, лучи, оболочки, которые меняют вид с течением времени. Анализ эволюции этих структур позволит судить о крупномасштабном строении поверхности ядра кометы, об ориентации в пространстве оси вращения ядра, а также о периоде его вращения.

Фотометрическая и поляриметрическая служба должна проанализировать электрополяриметрические наблюдения кометы, выполненные с Земли и с пролетной траектории космических зондов. Из наземных поляризационных наблюдений предполагается определить, как изменяется на различных длинах волн степень поляризации кометного излучения в зависимости от угла фазы (угол Солнце — комета — Земля). Непрерывное поляриметрическое патрулирование кометы Галлея позволит установить многие закономерности, важные для понимания природы пылевых атмосфер и поверхностного слоя ядра кометы.

Спектроскопическая и спектрофотометрическая служба кометы Галлея обязана получить тщательно прокалиброванные спектрограммы с высоким разрешением и большое число спектрограмм с меньшим разрешением на различных расстояниях кометы от Солнца. Эти спектрограммы помогут изучить химический состав кометы, исследовать скорости движения газа и физические условия в ее голове и хвосте.

Радиоастрономическая служба попытается зарегистрировать собственное тепловое излучение ядра кометы в микроволновой области спектра, будет вести поиск аминокислот и других органических соединений. Спектроскопия кометных молекул в сантиметровом и дециметровом диапазонах даст детальную информацию о физических условиях в кометных атмосферах. Радарные наблюдения предоставят данные о диаметре, вращении и физической природе поверхности ядра кометы.

Инфракрасная служба должна исследовать тепловое излучение кометной пыли в диапазоне 1—500 мкм, чтобы выяснить природу кометных пылинкок. Специалисты надеются определить размер, состав и пространственное распределение пылинок на различных расстояниях кометы от Солнца.

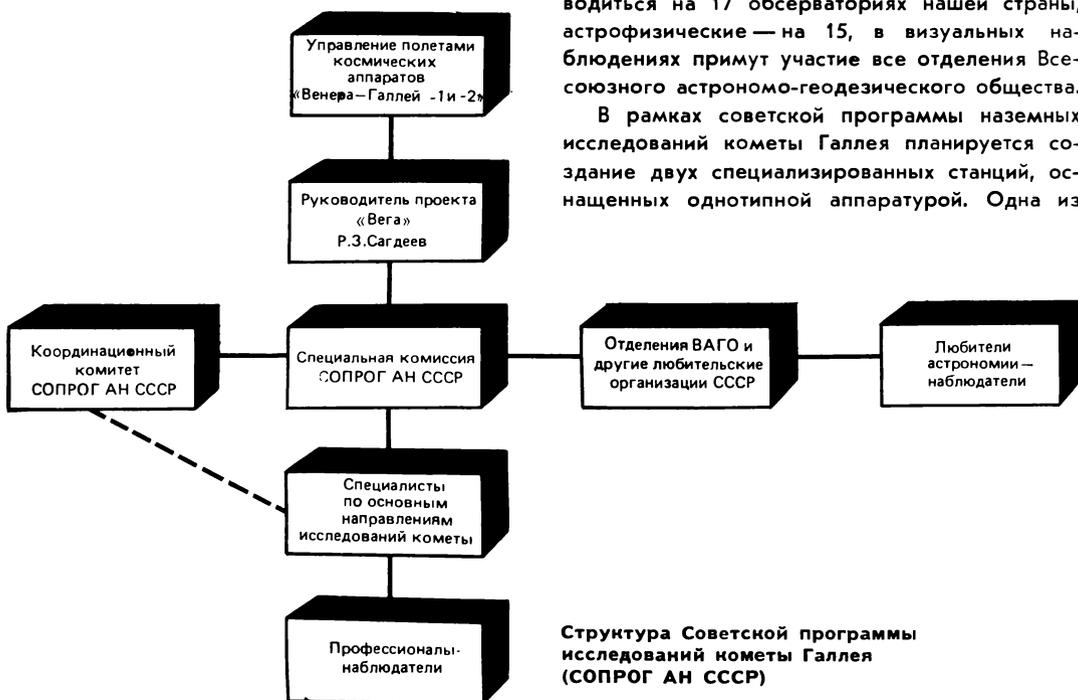
Особое внимание в программе IHW уделяется **организации и координации любительских наблюдений** кометы Галлея.

СОВЕТСКАЯ ПРОГРАММА

Учитывая большой вклад отечественных ученых в кометную астрономию, а также важность активного участия астрономов нашей страны в наблюдениях кометы Галлея, разработана Советская программа наземных исследований кометы Галлея — региональная часть IHW. Работами по советской программе руководит Главная астрономическая обсерватория АН УССР, известная своими исследованиями в области кометной астрономии. Создана специальная комиссия, в которую вошли О. В. Добровольский (Институт астрофизики АН ТаджССР), С. П. Майор, Л. М. Шульман (Главная астрономическая обсерватория АН УССР), К. И. Чурюмов (Киевский университет), Э. А. Аким (Институт прикладной математики АН СССР), Ю. В. Батраков (Институт теоретической астрономии АН СССР), С. К. Всехсвятский (Киевский университет), А. Г. Масевич (Астрономический совет АН СССР). Председатель комиссии — директор Главной астрономической обсерватории АН УССР Я. С. Яцкив.

В соответствии с программой астрометрические наблюдения кометы Галлея будут проводиться на 17 обсерваториях нашей страны, астрофизические — на 15, в визуальных наблюдениях примут участие все отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

В рамках советской программы наземных исследований кометы Галлея планируется создание двух специализированных станций, оснащенных однотипной аппаратурой. Одна из



Структура Советской программы исследований кометы Галлея (СОПРОГ АН СССР)



Известные исследователи комет, участники международной и советской программ наблюдений кометы Галлея (слева направо):

О. В. Добровольский, К. И. Чурюмов, Т. И. Левитская, Ф. Жардан (США), Я. С. Яцкив, Д. Йоманс (США)

Киев, 1983 год

них разместится на горе Майданак в Узбекистане, другая — в Боливии, в городе Ториха. На станциях будут установлены 60-сантиметровые рефлекторы, оборудованные фотоэлектрическими, спектральными, поляриметрическими приборами.

В конце марта 1983 года в Киеве прошло рабочее совещание по Советской программе наземных исследований кометы Галлея, где ряду ученых была поручена разработка единых инструкций и рекомендаций по всем направлениям исследований.

Советская программа наблюдений кометы рассчитана на довольно длительный срок —

с 1983 по 1987 год. Сначала основная наблюдательная нагрузка ляжет на обсерватории умеренных широт, а с приближением кометы Галлея к перигелию — на южные обсерватории СССР, которые будут следить за кометой и после прохождения перигелия. В этот период наибольшей яркости и активности кометы главное «слово» должна «сказать» советская экспедиция в Боливии.

Так как комета Галлея в 1983—1987 годах несколько раз вступит в соединение с Солнцем, естественно, что программа будет выполняться во время нескольких периодов оптической видимости кометы.



Штрихи предыстории Солнечной системы

Рождение Солнечной системы 4,5 млрд. лет назад было лишь коротким заключительным этапом, подготовленным предыдущей историей протосолнечной туманности — историей, растянувшейся на миллиарды лет. Астрофизика позволяет в целом понять последовательность происходивших тогда событий, а метеоритика датирует многие из них и уточняет особенности протекавших процессов. Созданный учеными сценарий рождения Солнечной системы нельзя считать окончательным. Не исключено, что дальнейшее накопление знаний потребует отказа от некоторых наших сегодняшних представлений.

В последнее десятилетие разные области фундаментальных наук, исследующих окружающую нас Вселенную, вышли, если так можно выразиться, из «феодалного» периода своего существования. Еще недавно они вели «натуральное хозяйство»: каждая область занималась своими проблемами, решая их собственными методами. Серьезные противоречия, возникшие между результатами, полученными в разных областях, и безуспешные попытки разрешить их показали, что дальнейший прогресс возможен лишь на основе решения общих проблем совместными усилиями. Одна из таких проблем — происхождение Солнечной системы.

В нашей Галактике возникали и по-прежнему возникают звезды, в том числе и похожие на Солнце. Рождаясь, живя и умирая, все галактические объекты остаются неразрывно связаны с окружающей средой, «питаются» за ее счет и возвращая ей переработанные продукты. И не случайно в 1978 году на международном симпозиуме, посвященном происхождению звезд и планет, был поставлен вопрос о «галактической экологии» (материалы симпозиума опубликованы в книге

«Протозвезды и планеты». М.: Мир, 1983). До сих пор под термином «экология» (от греческого *oikos* — жилище, место пребывания и *logos* — учение) понимали биологическую науку о взаимоотношениях живых организмов между собой и со средой обитания. Теперь предлагается воспользоваться этим же термином и в астрономии, рассматривая Галактику как единую систему, как «экосистему».

Особенность эволюционных галактических процессов — в их необычайной медленности. Уловить эти процессы, как правило, невозможно. Исключение составляют такие космические катастрофы, о которых свидетельствуют вспышки сверхновых звезд. Но благодаря тому, что различные объекты находятся на разных этапах своего развития, наблюдательная астрофизика дает сведения о разновозрастных объектах. Дело теоретической астрофизики — связать их в единой эволюционной картине. Еще одна особенность галактических процессов заключается в том, что они сопровождаются непрерывными, хотя тоже медленными, химическими и ядерными превращениями вещества. Новые поколения объектов рождаются из вещества, необратимо измененного предыдущими поколениями, и всегда оказываются — если продолжить аналогию с живыми организмами — «мутантами».

Но не только изучение галактических объектов дает ключ к проблеме происхождения Солнечной системы. Немалую роль тут может сыграть и метеоритика. Ведь метеоритное вещество мало изменилось с тех пор, как 4,5 млрд. лет назад собралось в небольшие астероиды. Оно все еще «помнит» об условиях формирования Солнечной системы. В последние годы выяснилось, что метеоритное вещество в зашифрованном виде сохраняет целую «летопись» событий невообразимо далекого прошлого, предшествовавшего сжатию (коллапсу) протосолнечной туманности.

В распоряжении исследователей ныне около 3000 весьма разнообразных метеоритов массой от долей грамма до нескольких тонн. Тонкие

лабораторные методы исследований позволяют выявлять особенности структуры и состава их мельчайших частиц, определять физико-химические условия в период формирования, проследить за дальнейшими изменениями, датировать события, происходившие более 5 млрд. лет назад.

Экологический подход к процессам в Галактике и привлечение данных метеоритики позволили построить внутренне непротиворечивую схему прошлого Солнечной системы, начиная с того периода, когда ее вещество находилось в крайне разреженном состоянии и входило в состав гигантского молекулярно-пылевого облака. В этой схеме еще не все ясно. Не вполне понятно, например, почему Солнце оказалось наделено планетной системой, которую многие исследователи считают уникальной особенностью нашего дневного светила. И потому, в сущности, наши современные представления нужно рассматривать лишь как рабочие гипотезы.

КОЛЫБЕЛЬ СОЛНЦА

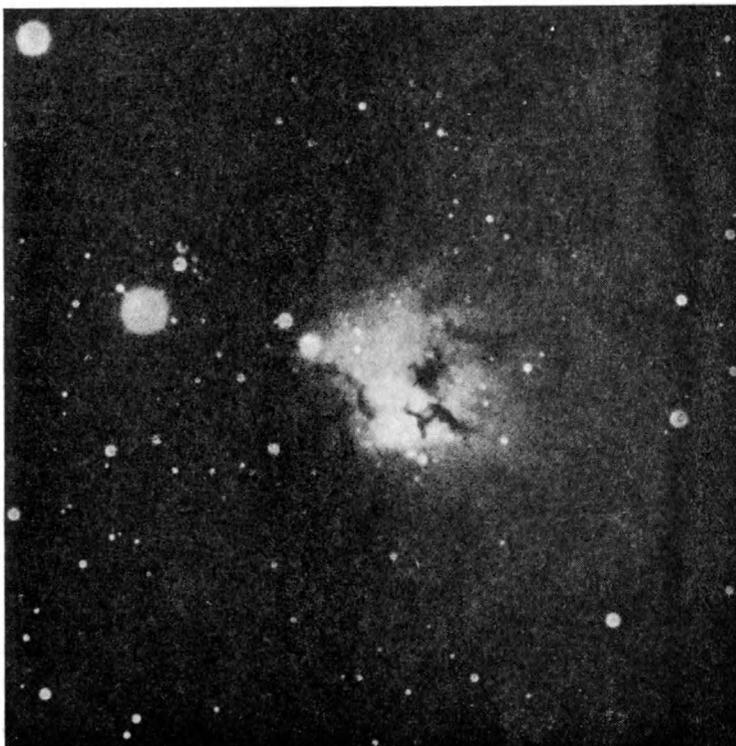
Все вещество Галактики, не менее чем в $3 \cdot 10^{11}$ раз превышающее массу Солнца, вра-

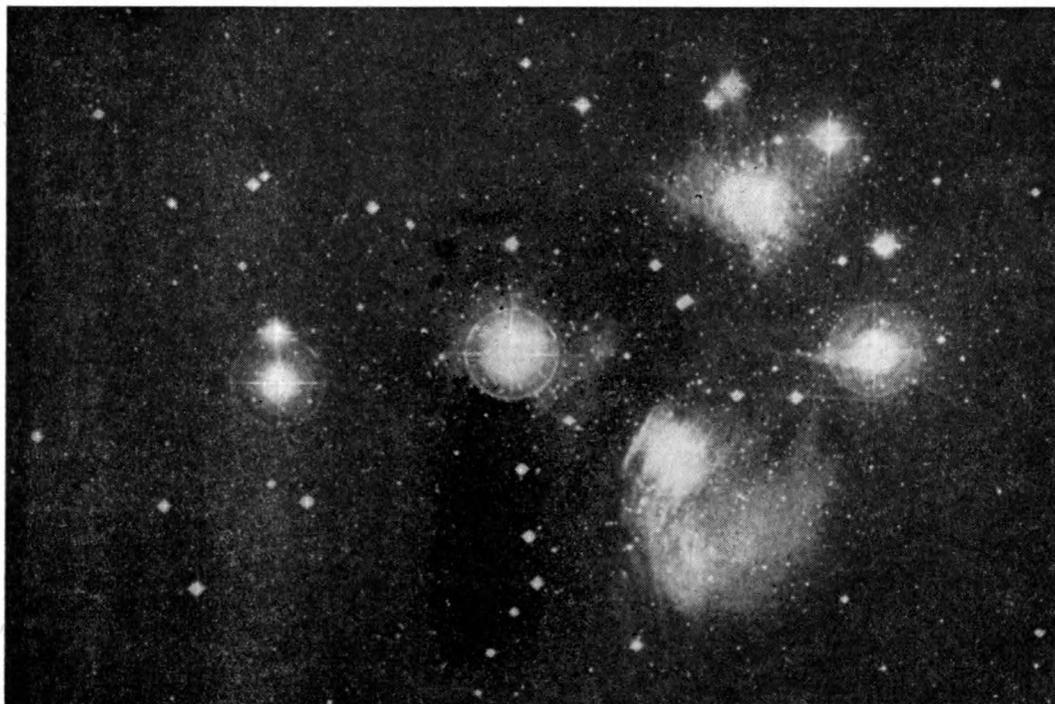
щается вокруг центральной конденсации. 90% вещества собрано в звезды, почти все остальное — в огромные газово-пылевые облака с плотностью основной компоненты (водорода) около 20 атомов в 1 см^3 , что в среднем на два порядка выше плотности вещества между облаками. Примерно в половине облаков водород связан в молекулы, поэтому такие облака и называют молекулярно-пылевыми. Другие химические элементы подмешаны к водороду в соответствии со своей космической распространенностью. Около 1% межзвездного вещества находится в пылинках.

Молекулярно-пылевые облака ведут себя, подобно зародышам дождевых капель. Маленькие облака, как и очень мелкие капли, рассыпаются. Массивные облака, напротив, могли бы сами по себе существовать бесконечно долго, потому что их сжатие под действием собственного тяготения уравновешивается внутренним давлением газа.

В прошлом полагали, что межзвездное вещество сосредоточено в двух спиральных рукавах, которые обильно населены звездами и с Земли видны как Млечный Путь. Но дифференциальное вращение около галактического

Центральная часть туманности Лагуна в созвездии Стрельца — одно из мест современного звездообразования. Снимок сделан в ближней инфракрасной области с помощью 4-метрового телескопа обсерватории Кит Пик (США)





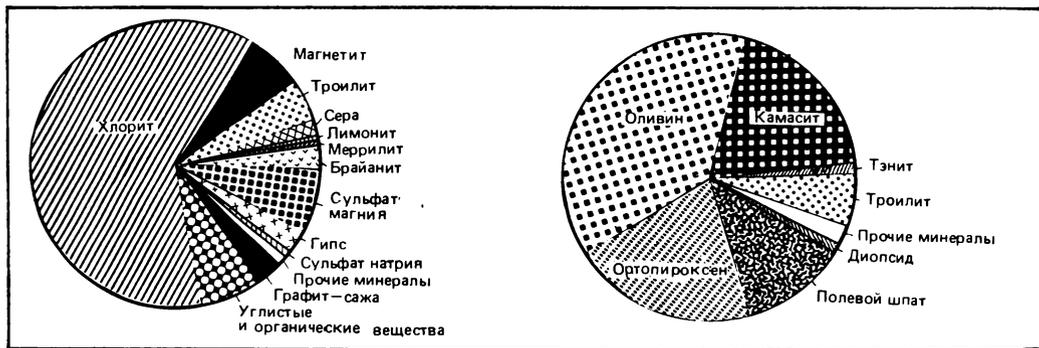
Звездное скопление Плеяды, сформировавшееся, по-видимому, в результате фрагментации массивного облака около 20 млн. лет назад

центра должно было бы привести к свертыванию этих рукавов в спираль с большим числом витков, чего на самом деле не происходит. Сейчас господствует иное представление: вращающееся диффузное вещество более или менее равномерно заполняет галактический диск, но в этом диске возбуждаются спиральные волны плотности, подобные стоячим волнам, которые иногда можно видеть на поверхности быстро текущего потока воды. Вращаясь около галактического центра, молекулярно-пылевые облака неоднократно проходят сквозь волны плотности, вращающиеся с иной скоростью. Волна плотности играет по отношению к проникающему в нее облаку роль ударной волны и вызывает сжатие облака. Впоследствии сжатие может исчезнуть, а может оказаться настолько сильным, что начнется коллапс облака. По-видимому, коллапс легче возникает у наиболее массивных облаков — «супероблаков». Он ведет сначала к фрагментации

супероблака, а потом к превращению фрагментов (или части их) в звезды. Повышенное свечение газа в волнах плотности — местах интенсивного звездообразования — и создает иллюзию того, что межзвездное вещество заполняет галактический диск неравномерно.

Молекулярно-пылевое облако — эта своеобразная колыбель звезд, а значит, и Солнца — на протяжении всего времени существования «питается» веществом, истекающим из соседних звезд. Когда облако проходит сквозь волну плотности, в него впрыскивается вещество рождающихся в это время поблизости и взрывающихся массивных звезд. Впрыскиваемое вещество приносит с собой свежие продукты ядерного синтеза химических элементов (нуклеосинтеза), идущего в недрах звезд. Наряду со стабильными ядрами химических элементов в облако попадают радиоактивные ядра с различными периодами полураспада, в том числе превышающими время жизни Солнечной системы.

Исследования метеоритов сыграли большую роль в формировании сценария рождения Солнечной системы. Метеоритное вещество сохранило следы многих впрыскиваний свежих продуктов нуклеосинтеза в виде радиоактивных изотопов урана и некоторых других. Пе-



Минералогический состав углистого метеорита Оргей (слева) и каменного метеорита Ричардтон

приоды полураспада этих ядер и конечные продукты их распада известны, а уровень, достигнутый теоретической и ядерной физикой в области синтеза элементов, позволяет судить о количественном соотношении образующихся ядер. Поэтому оказалось возможным, измерив в метеоритном веществе содержания радиоактивных ядер и продуктов их распада, датировать эпоху впрыскиваний. Соотношение долгоживущих ядер урана-235, урана-238, тория-232 и рения-187 и продуктов их распада — ядер свинца-207, свинца-206, свинца-208 и осмия-187 свидетельствует по крайней мере о трех впрыскиваниях, а значит, и о трех мощных нуклеосинтезах, происходивших в окрестности протосолнечной туманности: более чем за 5, примерно за 5 и за 2 млрд. лет до формирования Солнечной системы. Один из этих нуклеосинтезов мог совпасть с началом коллапса и фрагментации «супероблака», из которого выделилась протосолнечная туманность.

Короткоживущие радиоактивные ядра в метеоритном веществе давно уже «вымерли», но их следы сохранились. Распадаясь, они добавляли к тому или иному химическому элементу один из изотопов. Первичное соотношение изотопов менялось, возникала изотопная аномалия. Исследование подобных аномалий показало, что еще два впрыскивания в протосолнечную туманность произошли с интервалом около 10^8 лет. Вероятно, с таким же интервалом через волну плотности прошла и сама протосолнечная туманность. Предпоследнее впрыскивание произошло за 10^8 лет до формирования метеоритного вещества. Оно внесло в протосолнечную туманность йод-129 и плутоний-244. В результате их распада изменился изотопный состав ксенона. Предполагают, что впрыснутое вещество содержало

продукты выброса массивной (более 8—10 солнечных масс), быстро сколлапсировавшей и взорвавшейся магнитной звезды.

Всего за 10^6 лет до формирования метеоритного вещества произошло последнее датированное впрыскивание. В новой дозе продуктов нуклеосинтеза находился алюминий-26. Распадаясь, он изменил изотопный состав магния. По другим аномалиям установлено, что последняя доза впрыснутого вещества содержала различные радиоактивные ядра, но ни йод-129, ни плутоний-244 в ней не было. Видимо, продукты впрыскивания принадлежали сверхновой другого типа, сбросившей только оболочку.

Необычайно малый (по космическим масштабам) интервал времени между последней датированной вспышкой сверхновой и формированием метеоритного вещества (а значит, и формированием всей Солнечной системы) вряд ли случаен. Ударная волна, порожденная взрывом сверхновой, могла сыграть решающую роль в коллапсе протосолнечной туманности: вызвать его или сильно ускорить, если к моменту прохождения этой волны коллапс уже начался.

МЕЖЗВЕЗДНАЯ ПЫЛЬ... В МЕТЕОРИТАХ

В отдельных небольших частицах метеоритного вещества обнаружено еще полтора десятка изотопных аномалий, связанных с поступлением в молекулярно-пылевое облако стабильных продуктов нуклеосинтеза. Среди элементов с аномальным соотношением изотопов есть летучие, в частности кислород.



◀ Молекулы, обнаруженные в молекулярно-пылевых облаках

Поэтому неудивительно, что такие частицы удалось найти только в углистых метеоритах. Углистые метеориты — единственный класс метеоритов, вещество которых не сохранило следов нагрева в недрах своих родительских тел — астероидов (Земля и Вселенная, 1980, № 6, с. 5.— Ред.). В их очень темном веществе встречаются нестойкие водосодержащие минералы (слоистые силикаты — хлорит, серпентин). Нагрев, если бы он произошел, разрушил бы эти минералы, а заодно уничтожил аномалии, так как изотопный состав всех частиц выравнивала бы диффузия.

Редкие частицы с аномальным изотопным составом элементов не могли сконденсироваться в окрестностях формирующегося Солнца, если бы до этого вся межзвездная пыль подверглась испарению: тогда бы все вещество оказалось хорошо перемешанным и однородным по изотопному составу. Выравнивание изотопного состава, в первую очередь летучих элементов, должно было бы произойти даже при сильном нагреве частиц. Этого не случилось. Следовательно, частицы с момента своего образования никогда больше не подвергались не только повторной конденсации, но и сильному нагреву.

Так изучение изотопных аномалий в метеоритном веществе в корне изменило наши представления об условиях в окрестностях формирующегося Солнца. Оказалось, что межзвездная пыль, находившаяся некогда в гигантском молекулярно-пылевом облаке и добавлявшаяся в него вместе с новыми продуктами нуклеосинтеза, никогда не подвергалась полному испарению, по крайней мере за орбитой Марса (где образовались астероиды). Вероятно, частицы с различным изотопным составом элементов сконденсировались в окрестностях разных звезд, а потом в очень небольших количествах смешались с веществом протосолнечной туманности.

Что же собой представляет межзвездная пыль? Согласно астрофизическим данным, она всюду в Галактике примерно одинакова и состоит в основном из ледяных и силикатных частиц. Лед — аморфный, силикаты — слоистые. Имеются сведения о присутствии в пыли графитовых, магнетитовых частиц, а также частиц, содержащих карбид кремния и органические вещества, бедные углеродом.

Как показали лабораторные спектральные исследования, в веществе углистых метеоритов встречаются и слоистые силикаты, и полимероподобные соединения, по составу удивительно похожие на вещество межзвездной пыли. Находят в углистых метеоритах графитовые и магнетитовые частицы. Не обнаружены только частицы карбида кремния. Но и в межзвездной пыли они есть не всюду, а только в окрестностях звезд, богатых углеродом. Таких звезд могло и не быть вблизи протосолнечной туманности. А тогда углистые метеориты, или, точнее, наиболее примитивные из них (углистые метеориты I типа) — это просто «спрессованная» межзвездная пыль.

Состав и структура пыли зависят, конечно, от условий в молекулярно-пылевом облаке: давления, температуры и состава газа. Вопреки бытовавшим представлениям, газ находится в облаке преимущественно в молекулярном состоянии. В атомарном он встречается вблизи горячих звезд, а также в очень разреженных облаках. Наблюдения позволили выявить в далеком космосе уже более 50 молекул со множеством их изотопных вариантов. Среди молекул есть очень сложные, содержащие вплоть до 11 атомов.

Межзвездная химия — это химия чуждых нам экстремальных условий, делающая только первые свои шаги (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 7.— Ред.). Полагают, что образование многих молекул, и прежде всего молекул водорода, может идти лишь на поверхности пылинок. Пылинка поглощает энергию, выделяющуюся при формировании молекул. Иных возможностей для стока энергии практически нет, а избыток энергии у молекулы не позволит ей сохраниться. За счет поглощенной энергии участок поверхности пылинки нагревается, и образовавшаяся молекула может испариться. При формировании сложных молекул может случиться, что поверхность пылинки покинет не вся молекула, а ее обломок или обломок ранее осевшей молекулы, то есть новая молекула.

Температура в молекулярно-пылевом облаке очень низкая: типичная температура газа — около 100 К, пылинок — примерно 20 К. Поэтому химические реакции идут крайне медленно, и шкала времени, в течение которого достигается равновесие, оказывается огромной — порядка нескольких миллионов лет даже для самых простых молекул. Молекулярный состав газа и изотопный состав молекул медленно меняются по мере старения облака.

ПОСТАВЩИКИ МЕТЕОРИТОВ

В период формирования Солнца около него образовался протопланетный диск, где позднее выросли планеты (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 2.— Ред.). Условия в протопланетном диске были одинаковы на разных расстояниях от Солнца и менялись с течением времени. Вещество оставалось холодным только вдали от Солнца. Вблизи него оно было сильно прогрето, и пыль здесь подверглась полному или частичному испарению. Лишь позднее, по мере остывания протопланетного диска, пылинки сконденсировались снова, но при этом потеряли большую часть летучих компонентов. В ходе эволюции протопланетного диска появились планетезимали. Их состав должен был различаться из-за разного состава пыли.

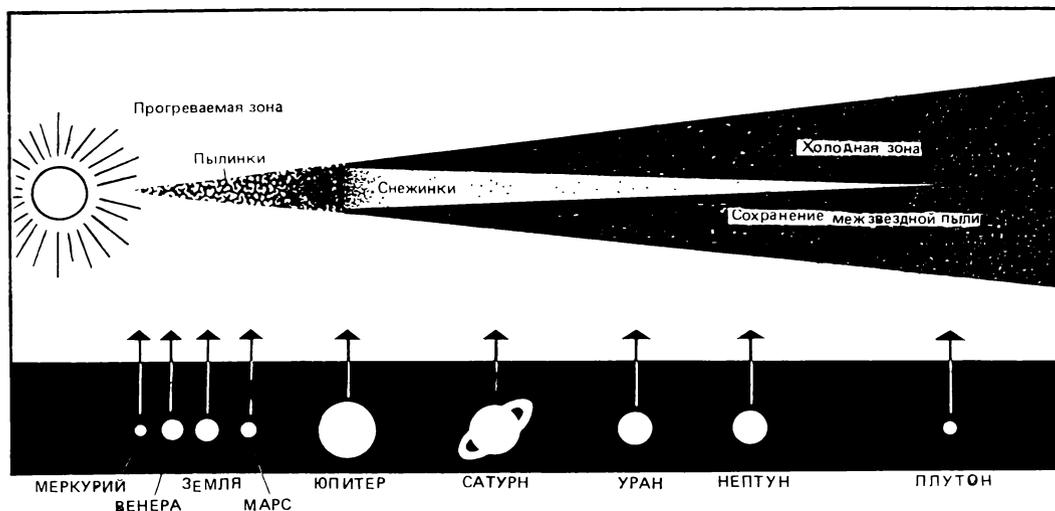
Родительские тела метеоритов — астероиды — это планетезимали, сформировавшиеся на границе горячей и холодной зон протопланетного диска и сохранившиеся до наших дней. Хотя кольцо астероидов имеет небольшую ширину (всего около 1 а. е.), но различие условий оказалось, по-видимому, достаточным, чтобы образовались непохожие друг на друга S- и C-астероиды. Полагают, что темные C-астероиды — поставщики углистых метеоритов, а светлые S-астероиды — поставщики камен-

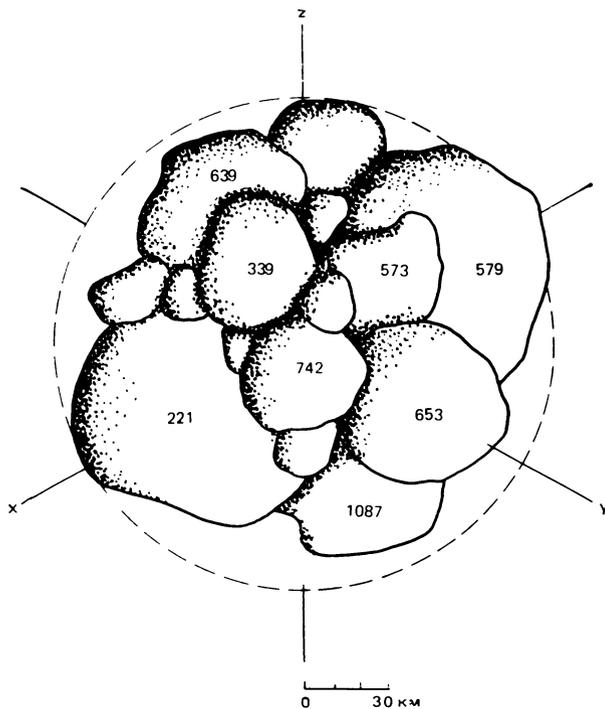
ных метеоритов других типов. Вероятно, S-астероиды образовались в более теплой зоне (на меньших гелиоцентрических расстояниях), чем C-астероиды. Под действием планетных возмущений C- и S-астероиды медленно перемешиваются. Однако, поскольку вообще сохранились лишь те тела, которые сформировались на наиболее устойчивых орбитах, полного перемешивания астероидов за истекшие 4,5 млрд. лет так и не произошло. До сих пор S-астероиды тяготеют к внутренней части кольца, ближайшей к Солнцу, а C-астероиды — к внешней, более далекой (Земля и Вселенная, 1980, № 6, с. 10.— Ред.).

Астероиды формировались в протопланетном диске как рыхлые агрегаты. Малая сила тяжести не могла спрессовать их. Они разогревались за счет радиоактивного тепла. Этот разогрев, как показали недавние расчеты, шел весьма эффективно — ведь рыхлые тела хорошо удерживают тепло. Разогрев начался еще на стадии роста астероидов. Их вещество в центральных частях спекалось и, может быть, даже плавилось, а на поверхность астероидов продолжала высыпаться пыль, пополняя рыхлый, теплоизолирующий слой. Основным источником разогрева сейчас склонны считать тот самый алюминий-26, который за 10^6 лет до формирования метеоритного вещества был впрыснут вместе с веществом сверхновой в протосолнечную туманность.

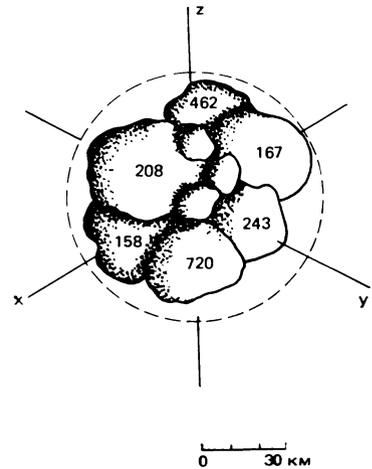
Столкновения астероидов между собой на первых порах тоже вели к уплотнению их вещества. Они становились компактными. Но в дальнейшем возмущение от выросших планет

Условия в протопланетном диске.
Стрелками показаны места формирования планет





Два астероида поперечником 170 (слева) и 80 км, реконструированные из известных членов семейств астероидов Эос и Коронида. Члены семейства (показанные внутри под соответствующими номерами) выявлены в кольце астероидов по сходству орбит



(в основном от Юпитера) привели к тому, что увеличилась скорость столкновения астероидов. В результате уже более или менее компактные тела были разбиты. Столкновения повторялись неоднократно, дробя и встряхивая обломки. Поэтому современные астероиды (за исключением немногих наиболее крупных) должны представлять собой плохо упакованные глыбы, удерживающие друг друга лишь слабыми силами тяготения. Часть глыб при очередном столкновении может разлетаться, образуя семейство астероидов.

О составе вещества астероидов мы знаем не только благодаря метеоритам. Спектральные наблюдения позволяют судить и о химическом, и о минералогическом составе поверхностных слоев астероидов. Они убедительно свидетельствуют об астероидном происхождении метеоритов. Другие астрофизические наблюдения (поляризационные, фотометрические, радиометрические) показывают, что форма астероидов обломочная: она отличается от сферической и изобилует неровностями.

Мы много узнали, исследуя метеориты. Но возможности еще далеко не исчерпаны.

Метеориты поступают на Землю из кольца астероидов благодаря не вполне еще ясному в деталях механизму последовательной резонансной раскачки их орбит под действием планетных возмущений. Однако они поступают не одинаково интенсивно из разных зон кольца. Соотношение между веществом разных типов на земной орбите оказывается искаженным. В земной атмосфере выживают только наиболее медленные и прочные астероидные обломки.

В наших метеоритных коллекциях, несомненно, отсутствуют многие разновидности астероидного вещества. Их можно изучать, фотографируя болиды, порожденные в земной атмосфере хрупкими быстрыми телами, не достигающими земной поверхности. Еще один путь — поиск в метеоритах мелких инородных включений (ксенолитов), занесенных на один астероид с другого. Третий путь — развитие астрофизических наблюдений астероидов. Каждый из этих методов имеет ограниченные возможности, но синтез результатов таит в себе немалые перспективы. В будущем, вероятно уже недалеко, на помощь наземным наблюдениям придут космические исследования.



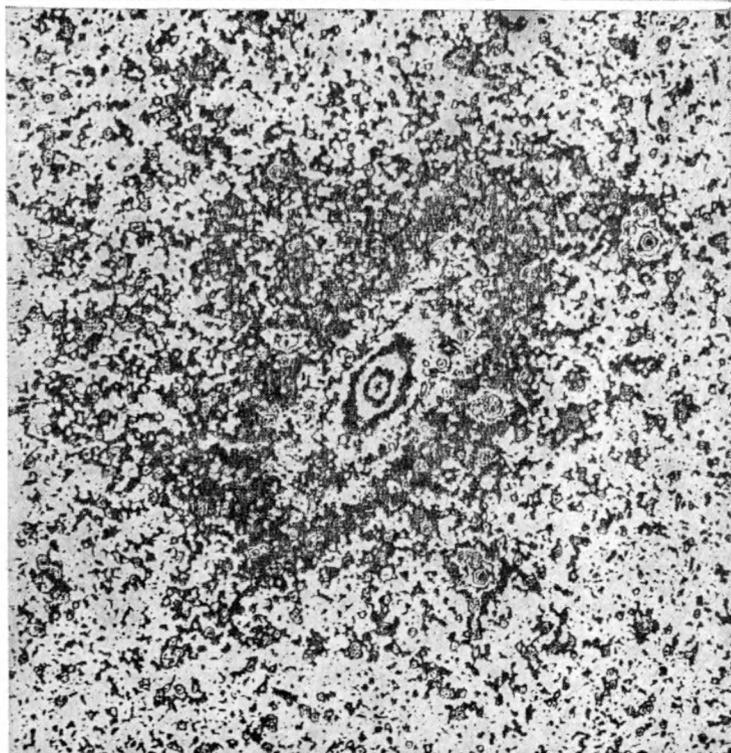
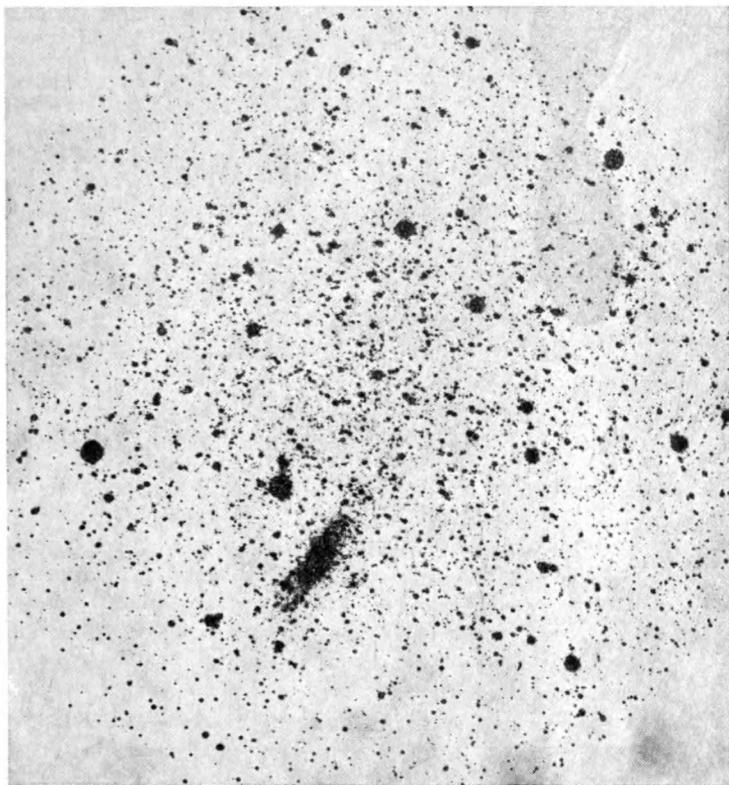
СССР — Франция: астрофизические эксперименты

Когда внутри орбитальной станции «Салют-7» выключались все осветительные приборы, начинались наблюдения с камерой «Пирамиг» (Земля и Вселенная, 1983, № 2, с. 13.— *Ред.*). Поначалу с нею работал в основном французский космонавт Жан-Лу Кретьен. Ему ассистировали советские космонавты В. А. Джанибеков и А. С. Иванченков. И основной экипаж «Салюта-7» (А. Н. Березовой, В. В. Лебедев), и экипажи посещения (В. А. Джанибеков, А. С. Иванченков, Ж.-Л. Кретьен; Л. И. Попов, А. А. Сербров, С. Е. Савицкая) еще на Земле, на тренажере, научились работать с камерой. Они изучили расположение на небе созвездий, чтобы при наведении аппаратуры на заданную область проверить правильность ориентации станции.

Наблюдения не прекращались, и когда основной экипаж оставался без гостей. Тогда космонавтам приходилось особенно трудно, поскольку помимо экспериментов с «Пирамигом» нужно было выполнять и много другой работы. В результате деятельности всех трех экипажей для астрофизических целей отсняли 150 кадров. В разных цветах (синем, зеленом, красном), а также в инфракрасном свете и с различными экспозициями (от долей секунды до 30—40 с) были получены снимки объектов нашей Галактики, туманности Андромеды, Магеллановых Облаков, галактик M83 и M101.

Камера «Пирамиг» — широкоугольная. С ее помощью удастся сделать снимки, охватывающие, в зависимости от установленного объектива, поля в 10 или 40°. При этом угловое разрешение оказывается небольшим — около 2' или 8'

**Туманность Андромеды
в ультрафиолетовом свете**
Изоденсы
туманности Андромеды,
снятой в инфракрасных лучах



соответственно. Но главная цель наблюдений с «Пирамигом» — исследование распределения различных типов звездного населения и диффузной материи в нашей Галактике и ряде других близких галактик с заметными угловыми размерами. Широкоугольная камера позволяет на одном кадре получить изображения протяженных массивов звезд и комплексов газовых и пылевых туманностей.

Инфракрасные наблюдения охватывали диапазон длин волн 7000—9000 Å, плохо пропускаемых земной атмосферой. А поскольку здесь сосредоточена основная часть излучения холодных звезд, то именно внеатмосферные наблюдения должны дать надежные сведения о распределении таких звезд. С другой стороны, если бы исследование распределения звезд или диффузной среды на больших участках неба, как в случае с «Пирамигом», проводилось по данным наземных наблюдений, учет ослабления света в земной атмосфере оказался бы затруднен. При внеатмосферных наблюдениях такой проблемы не существует ни в инфракрасных, ни в видимых лучах. Кроме того, отсутствие свечения неба в видимом диапазоне позволяет при внеатмосферных наблюдениях регистрировать очень слабые поверхностные яркости.

В настоящее время астрономы из Бюракана и Марселя параллельно ведут обработку полученных результатов. Материал очень большой, и его полная обработка потребует много времени. Но уже беглый просмотр выявил интересные данные. Так, популяция холодных красных звезд в центре Галактики простирается до очень высоких галактических широт. В Малом Магеллановом Облаке обнаружено довольно протяженное гало из красных звезд. И в туманности Андромеды население холодных звезд наблюдается на значительных расстояниях от плоскости симметрии этой галактики. А в случае галактики M33, наоборот, размер галактики заметно больше в синих и зеленых лучах (примерно 1°), чем в инфракрасных (около $0,7^\circ$).



Как известно, направление ориентации плоскости туманности Андромеды (M31) характеризуется позиционным углом большой оси. Этот угол изменяется по мере продвижения от центра галактики. Позиционный угол плоскости галактики на участке до $50''$ от центра галактики равен 73° , а на расстоянии от центра около $2'$ он достигает примерно 50° . Затем позиционный угол плоскости не меняется до расстояния около $15'$, после чего он медленно уменьшается. Наблюдения, выполненные с «Пирамигом», особенно в инфракрасной области, показали, что изменение ориентации плоскости этой галактики происходит непрерывно при переходе от ярких центральных частей к слабым периферийным. Данные выполненных наблюдений противоречат предположению о том, что изменение позиционного угла большой оси туманности Андромеды обусловлено наличием у нее перемычки.

Наблюдения с широкоугольной камерой «Пирамиг» на борту «Салюта-7» будут продолжены. Предполагается фотографировать области вдоль всей плоскости нашей Галактики, чтобы получить цельную картину распределения различных типов звезд и газовой и пылевой материи.

Профессор
Г. КУРТЕС (Франция)

Доктор
физико-математических наук
Г. М. ТОВМАСЯН

Из каких звезд образуются белые карлики?

За время своей долгой жизни звезды «худеют» — они теряют вещество за счет звездного ветра. Скорость истечения вещества, небольшая у звезд главной последовательности (Солнце теряет ежегодно всего 10^{-14} своей массы), возрастает на много порядков, когда звезда переходит в стадию красного гиганта. За несколько десятков тысячелетий красный гигант может потерять до половины своей массы! Сколько же вещества теряет одиночная звезда за всю жизнь? Об этом судят, изучая массу конечных продуктов звездной эволюции (белых карликов, нейтронных звезд) и молодых звезд, лишь вступивших на главную последовательность.

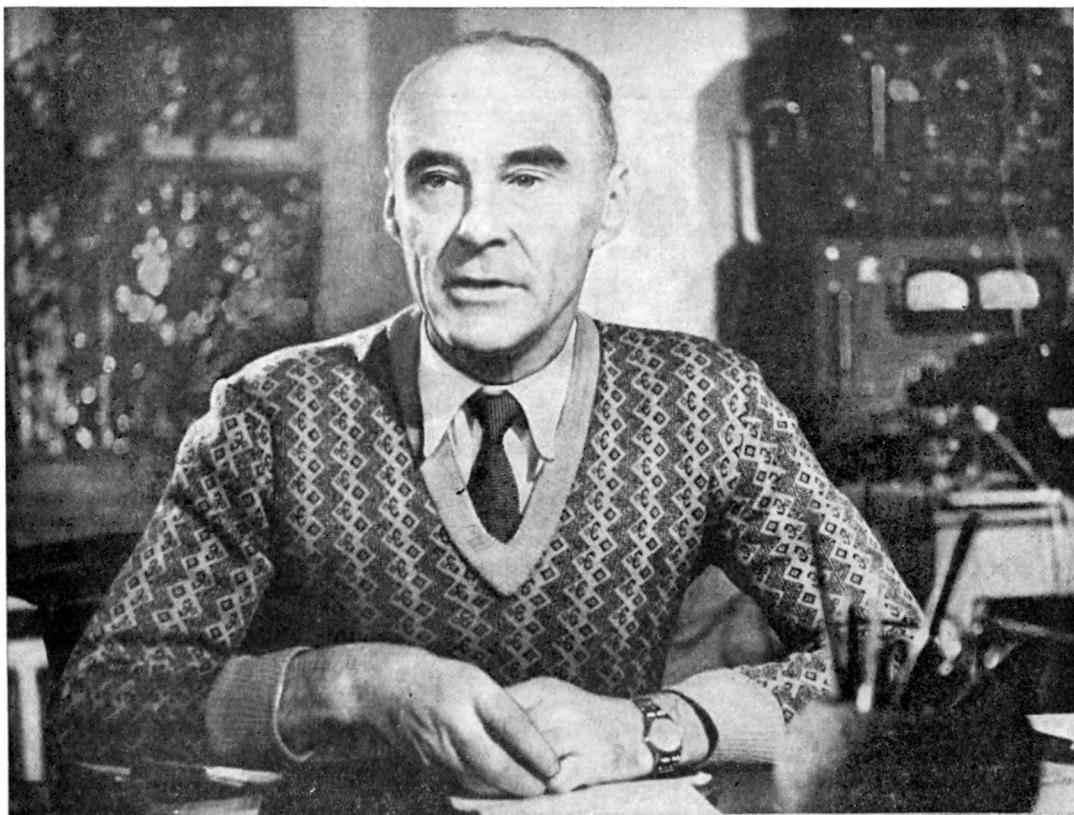
Масса белых карликов около 0,6 солнечной. Считается, что белыми карликами могут стать звезды, начальная масса которых не превышает 4—5 солнечных. Звезды с большей начальной массой превращаются в нейтронные.

Астрофизики В. Вейдеман и Д. Кестер (ФРГ) собрали воедино новые данные о массах звезд в рассеянных скоплениях, о массах белых карликов и о массах центральных звезд планетарных туманностей — эти звезды находятся еще «на подступах» к стадии белого карлика. Исследователи пришли к выводу о том, что белыми карликами могут стать звезды с массой вплоть до 8 солнечных! Между тем оценки средней массы белых карликов практически не изменились. Значит, одиночные звезды в ходе эволюции способны потерять более 90% начальной массы. Вейдеман и Кестер предполагают, что в свете новых данных придется пересмотреть теоретические модели эволюции звезд с потерей массы, заново исследовать проблему обогащения межзвездной среды веществом, выбрасываемым из звезд.

Astronomy and Astrophysics,
1983, 121, 1.



Памяти Николая Александровича Козырева



Николай Александрович Козырев родился 2 сентября 1908 года в Петербурге в семье горного инженера. Еще учеником средней школы он стал членом общества «Мироведение», где под руководством В. В. Шаронова занялся наблюдением солнечных пятен. В 19 лет, окончив Ленинградский университет, Н. А. Козырев вместе с В. А. Амбарцумяном поступил в аспирантуру Пулковской обсерватории к академику А. А. Белопольскому. В 1931 году Н. А. Козырев и В. А. Амбарцумян были зачислены в штат Пулковской обсерватории. Вскоре было опубликовано несколько

их совместных работ. Оба молодых ученых были пионерами только зарождавшейся в то время новой области астрономии — теоретической астрофизики.

В 1933 году Н. А. Козырев написал работу о лучистом равновесии протяженных фотосфер звезд, которая принесла ему заслуженную известность. (Она была опубликована в английском астрономическом журнале «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», № 94 за 1934 год.) Эта работа явилась отправной точкой для целого направления в теоретической астрофизике. Чтобы лично позна-

комиться и побеседовать с В. А. Амбарцумяном и Н. А. Козыревым, в Пулковку приезжали молодые тогда физики Л. Д. Ландау, Г. А. Гамова и С. Чандрасекар (Индия). Но в 1936 году, в пору расцвета своих творческих сил, Н. А. Козырев был лишен возможности заниматься астрономией. Вернувшись через 10 лет в Ленинград, он в 1947 году защитил в Ленинградском университете докторскую диссертацию на тему «Об источниках звездной энергии и теории внутреннего строения звезд». Н. А. Козырев не был сторонником теории, согласно которой источник звездной энергии — термоядерные реакции. Проблема источников звездной энергии и сейчас остается в центре внимания ученых.

Еще в конце 40-х годов Н. А. Козырев начал разрабатывать свою гипотезу о физических свойствах времени. Время, по его мнению, порождает энергию во Вселенной. В своих докладах на научных конференциях и симпозиумах он пытался конкретизировать эту идею. Тем не менее она вызвала многочисленные возражения со стороны физиков и астрономов. Н. А. Козырев упорно отстаивал свою точку зрения, стремясь подтвердить ее лабораторными опытами и астрономическими наблюдениями.

Николай Александрович Козырев занимался изучением атмосфер планет, их внутреннего строения и особенно много внимания уделял изучению Луны. С помощью спектрографа он обнаружил истечение газов из лунного крате-

ра Альфонс и истолковал это как проявление затухающей вулканической активности на Луне. За это открытие ему была присуждена в 1970 году на конгрессе Международной астронавтической федерации в Констанце (ФРГ) золотая медаль с бриллиантами, изображавшими звезды Большой Медведицы.

Н. А. Козырев был выдающимся ученым. Он глубоко понимал основы науки и обладал удивительной научной интуицией. Беседовать с ним по разного рода вопросам было большим удовольствием. Его доклады и лекции всегда собирали огромную аудиторию. Он увлекал молодежь свежестью и смелостью своих мыслей.

Наряду с пронзительным умом и оригинальностью мысли Николай Александрович обладал подлинным талантом и несгибаемым упорством исследователя. В 1962 году он отправился на Камчатку фотографировать спектр извержения вулкана. Экспедиция проходила в очень тяжелых условиях. Спутники его покинули, кроме одного подростка, ученика 9 класса, который удерживал Н. А. Козырева на краю кратера, когда он наклонился над жерлом, чтобы сфотографировать спектр извержения.

До самых последних дней жизни мужественно боролся Николай Александрович со своей страшной болезнью. Его преждевременная смерть (27 февраля 1983 года) — тяжелая утрата для науки, которой он был беззаветно предан.

Профессор А. Н. ДЕЙЧ

Возраст и научная работа

Часто приходится слышать, что лучшие свои работы ученые-естественники делают в возрасте до 30—35 лет. Потом научная продуктивность идет на спад. Относится ли эта закономерность к астрономам?

Известный американский астрофизик Х. Абт изучил биографии 22 выдающихся американских астрономов XX века, чья научная карьера к 1970 году уже завершилась. В список вошли такие известные ученые, как В. Бааде, Э. Хаббл, Р. Минковский, Х. Шепли, О. Струве, Ф. Цвикки. Абт попробовал выяснить: в каком возрасте эти ученые делали свои лучшие работы? Хорошей обычно считают ту, за которую часто ссылаются.



Количество ссылок достаточно надежно свидетельствует о важности и актуальности исследований, выполненных тем или иным ученым.

В общей сложности на работы отобранной группы астрономов за все годы деятельности было сделано около 9400 ссылок. Абт учел и то обстоятельство, что чаще всего на работу ссылаются вскоре после ее публикации, а со временем число ссылок экспоненциально убывает. В итоге Абт пришел к выводу: свои

лучшие работы астрономы — и теоретики, и наблюдатели — делают в возрасте от 30 до 70 лет, причем максимум приходится на пятилетие от 45 до 50 лет. Чем объяснить эту закономерность? Абт считает, что астрономы, долго работающие в одной области науки, со временем начинают писать по преимуществу обзорные статьи, которые цитируются значительно чаще, чем оригинальные исследования. Есть еще одно обстоятельство: с возрастом ученый занимает в научном мире более «устойчивое» положение и приступает к осуществлению обширных исследовательских программ, обобщает свои исследования в больших по объему статьях, чаще цитируемых.

Publication of Astronomical Society of the Pacific, 1983, 95,

564.



Р. К. БАЛАНДИН

Александр Евгеньевич Ферсман

(к 100-летию со дня рождения)

ОТКРЫВАТЕЛЬ ПРОБЛЕМ

А. Е. Ферсман был выдающимся специалистом в нескольких областях знаний, геологом-практиком, открывателем месторождений полезных ископаемых, талантливым литератором, вдохновлявшим и юных начинающих геологов, и молодых ученых, и просто людей, интересующихся природой (Земля и Вселенная, 1977, № 3, с. 42—58.— Ред.). Многие его теоретические достижения были высоко оценены специалистами. И все-таки деятельность Александра Евгеньевича Ферсмана не получила еще достаточного освещения.

Полвека назад Ферсман опубликовал статью, где впервые сформулировал принципы рациональной эксплуатации минеральных ресурсов. В частности, он писал: «Я вижу необходимость решительно настаивать на коренном пересмотре использования сырья, необходимость по-новому заострить научно-техническую мысль и сказать: там поставлено правильно производство, где не пропадает ни грамма добытой горной массы, нет ни грамма отходов, где ничего не улетает на воздух и не смывается водами». Кроме общей постановки проблемы он сделал ряд конкретных замечаний и предложений. Эта работа Ферсмана была переиздана через 43 года. И там, где автор указывал на недостаточно полное использование сырья некоторыми предприятиями Подмосковья, редакция сделала примечание: «О злободневности в настоящее время этих задач, поставленных А. Е. Ферсманом, свидетельствует статья... о комплексном использовании подмосковных углей, напечатанная в газете „Социалистическая индустрия“». Какая редчайшая способность верно видеть контуры грядущего за далью нескольких десятилетий!

Другой пример. Шестьдесят лет назад Ферсман начал сравнительное изучение химии Земли и космоса. Он стал одним из первооткрывателей новой области знания — космохимии. В то время постановка подобных проблем

представлялась многим ученым преждевременной. Да и сам Александр Евгеньевич подчеркивал: «Никакая стройная и научно обоснованная теория еще не может быть построена... Сейчас важна правильная формулировка проблемы и нащупывание путей для ее решения». Эту работу он и предпринял, систематизировав имевшиеся факты и сделав предварительные обобщения и рекомендации. В наши дни нетрудно по достоинству оценить своевременность научного предвидения Ферсмана, загодя нацелившего исследователей на проблемы космохимии.

Наконец, еще один пример. С 1924 года Ферсман разрабатывал — в теоретическом и практическом аспектах — проблему глобальной и локальной геохимической деятельности человека. Теперь подобные исследования связывают с «экологией человека» или «глобальной экологией». Геохимические процессы, вызванные технической деятельностью человека, существенно преобразуют всепланетную область жизни — биосферу. В частности, человек загрязняет примерно вдесятеро большее количество природных вод, чем использует целенаправленно. Кроме Ферсмана в те же годы писали о геохимической деятельности человека английский геолог Р. Шерлок и В. И. Вернадский. Однако Шерлок вообще не упоминал геохимической деятельности, а Вернадский рассматривал это явление очень широко, отчасти с философских позиций, подчеркивая огромное значение человеческого разума и научных знаний в перестройке биосферы. Ферсман наиболее полно и последовательно анализировал именно геохимическую деятельность человека как природный процесс — в числовых показателях и строгих закономерностях. Предложил очень емкий термин — техногенез. Этот термин теперь вошел в науку. Он означает: техническая деятельность человека, перестраивающего (или охраняющего) окружающую природную среду. Говорят техногенном ландшафте, техногенном загаре:



Александр Евгеньевич Ферсман (1883—1945)

нении и т. д. Хотелось бы особо выделить учение Ферсмана о техногенезе, в котором сливаются воедино познание нашей планеты,

технической деятельности человека, теории и практики рационального природопользования. Только зная закономерности глобальных преобразований биосферы, мы сможем целесообразно регулировать этот процесс. Все мы, люди — крохотная часть земной природы, вы-

полняющая, однако, с помощью техники значительную даже в масштабах планеты геологическую работу. «Человек геохимически перестраивает мир» — точно отметил Ферсман.

ШКОЛА ВЕРНАДСКОГО

Чтобы понять, как складывалась личность Александра Евгеньевича и его научный талант, вспомним некоторые эпизоды его биографии. Детство свое провел он в Крыму, где среди скал и обломков встречались прекрасные кристаллы — вестники неведомого таинственного подземного мира. От своего дяди, профессора химии А. Э. Кесслера, Александр Ферсман узнал, что кристаллы могут расти. И это чудо — в глубинах земли растущие камни-самоцветы, подобно цветам на весеннем лугу, — запечатлелось в его душе навсегда.

Затем он побывал в Греции, куда его отца — Е. А. Ферсмана — назначили военным аташе. На берегу Елевсинской бухты будущий минералог узнал, что серая обточенная волнами галька — это обломки мрамора, из которого построен величественный Акрополь...

В начале нашего века Ферсман стал студентом Московского университета. На лекциях профессора В. И. Вернадского для него впервые открылась динамика минералов, а Земля предстала великой химической лабораторией. Повсюду на ее поверхности, в воде и воздухе, в глубоких недрах идут химические реакции; минералы — лишь временно устойчивые продукты этих реакций, рано или поздно вовлекаемые в круговорот превращений. Живые существа и человек активно участвуют в химической жизни планеты...

По рекомендации Вернадского Ферсман после окончания оставил в университете для подготовки к профессорскому званию. В 1907 году его командировали в Гейдельберг стажироваться в лаборатории знаменитого кристаллографа В. М. Гольдшмидта. Ферсман занялся изучением алмазов, работая в лаборатории по пятнадцать часов в сутки. Свободные дни посвящал экскурсиям на рудники, в каменоломни, в музеях осматривал коллекции камней. В городских банках ему показывали сотни природных алмазов, из которых он отбирал наилучшие кристаллы для лабораторных исследований. В этот же период на собственные скудные средства Ферсман отправился на остров Эльбу обследовать гранитный массив и пегматитовые жилы Монте-Капане.

По результатам лабораторных работ он сов-



А. Е. Ферсман — студент Московского университета. 1905 год

местно с Гольдшмидтом написал фундаментальную монографию «Алмаз» (1911 год). Тщательное изучение формы кристаллов алмазов и характера их поверхности позволили Ферсману обосновать вывод, что алмазы формируются из расплавленной породы при больших давлениях, а, следовательно, — на значительных глубинах. По мнению Ферсмана, в алмазоносных кимберлитовых трубках периодически менялись физико-химические условия, в результате чего алмазы либо росли, либо растворялись. От познания естественных условий рождения алмаза предполагалось перейти к экспериментам, связанным с их искусственным синтезом. Но Ферсман не успел к ним приступить — кончился срок его командировки, и он вернулся в Россию.

Ферсман как ученый сформировался, изучая наиболее твердый из всех минералов. Однако алмаз несравненно податливее для «научной обработки», для изучения, чем очень мягкие изменчивые крохотные кристаллики некоторых силикатов. Известно, что по разнообразию видов силикаты стоят на первом месте среди минералов. Велика их роль в коре выветривания, в почвах. К тому же у них обычно сложный химический состав и причудливая кристаллическая структура. По рекомендации Вернадского Ферсман приступил к изучению этих минералов. Выбор научной темы оказался удачным. Появилась возможность углубиться

в познание закономерностей выветривания, динамики минералов, деятельности физико-химических природных агентов, коллоидов, живых организмов. Пришлось обращать внимание на судьбы неизменных компонентов — атомов. Так осуществлялся переход от методов минералогии к методам геохимии, изучающей историю химических элементов земной коры и Земли как планеты. Так создавалась вторая крупная монография А. Е. Ферсмана «Исследования в области магнезиальных силикатов» (1913 г.).

Одновременно Александр Евгеньевич читал в Народном университете имени А. Л. Шанявского первый в мире курс геохимии. Складывался этот курс тоже под влиянием идей Вернадского. Характерная черта научной школы Вернадского — устремленность к познанию неведомого, к поискам истины (не случайно среди ее учеников были ученые с мировым именем: А. Е. Ферсман, Я. В. Самойлов, А. П. Виноградов, В. Г. Хлопин, К. П. Флоренский).

ЕДИНСТВО С ПРИРОДОЙ И ЛЮДЬМИ

Впервые попав на Урал в 1912 году, Александр Евгеньевич был восхищен великолепием уральских самоцветов. И одновременно попытался постичь тайну их образования. «Красоту этих копей,— писал он,— составлял не только сам амазонит с его прекрасным синезеленым тоном, но и сочетание амазонита со светлым серовато-дымчатым кварцем, который как бы закономерно прорастает полевой шпат в определенных направлениях, создавая причудливый рисунок... Разнообразны и своеобразны эти рисунки, и невольно стараешься прочесть в них какие-то неведомые нам письма природы. Здесь впервые на отвалах Стрижевской копи у меня зародилось желание раскрыть законы прорастания кварца и полевого шпата в пегматитах». Тогда же он записал в своем дневнике, что промышленность грозит уничтожить очарование Ильменских гор, в котором «не только поэзия и красота нетронутой целины, но и великий стимул к работе, творчеству, овладению природой и ее тайнами». (Через 8 лет, уже при Советской власти, по инициативе Ферсмана будет создан первый в мире Ильменский минералогический заповедник.)

В 1914 году в начале мировой войны обнаружилось, что Россия испытывает зависимость от импорта некоторых видов минераль-

ного сырья. Под председательством В. И. Вернадского была создана при Петербургской академии наук Комиссия по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). Научным секретарем ее стал А. Е. Ферсман. Впервые Александру Евгеньевичу пришлось вплотную заняться практикой, углубиться в горное и геологоразведочное дело. Теперь он постоянно был в разъездах: Центральная часть Европейской России, Крым, Средний Урал, Рудный Алтай, Забайкалье. Не всегда оправдываются его теоретические прогнозы (скажем, в Забайкалье он безуспешно искал предсказанное им месторождение алюминиевого сырья и едва не погиб, заблудившись в тайге). Он приобрел бесценный опыт полевых работ в различной природной обстановке.

Работая в КЕПС, Ферсман за два-три года обследовал месторождения угля и фосфоритов, огнеупорных глин и минеральных красок, керамического и оптического сырья, строительных материалов, рудопроявлений брома, бора, серы, йода, молибдена, титана, вольфрама, олова... И, как это часто бывает, решая насущные практические задачи, Ферсман необычайно вырос как ученый-естествоиспытатель.

Советскую власть Ферсман принял безоговорочно.

На него прямо-таки обрушилась лавина должностей: председатель комиссии по выработке плана подъема добычи драгоценных камней, член технического комитета при военном ведомстве, председатель Радиевого отдела КЕПС, заведующий отделом нерудных ископаемых, профессор Петроградского университета, член постоянной Полярной комиссии, директор Минералогического музея... В 1919 году его избирают действительным членом Российской академии наук. А год спустя он уже отправляется в труднейшую экспедицию на Кольский полуостров. Небольшому отряду Ферсмана довелось в условиях Заполярья работать по 15—18 часов в сутки, перетаскивая на себе весь скраб и используя периоды непогоды для переходов на новые участки. Через два года на склоне горы Расвумчорр были найдены обломки апатита — фосфатного сырья. Еще через два года открыли месторождение этого полезного ископаемого.

Ферсман организовал экспедицию в Каракумы к загадочным серным буграм. И она оказалась успешной: обнаружили первое в стране месторождение серы.



А. Е. Ферсман на отдыхе

Фосфор и сера. Заполярье и Средняя Азия. Необычайно напряженный труд. (Ферсман страдал тяжелой болезнью печени, от которой порой валился с ног, испытывая жестокие боли и теряя сознание.) Открыть месторождение — еще полдела. Месторождение «надо сделать» (выражение Ферсмана) — детально исследовать, изобрести технологию добычи и переработки полезного ископаемого. Конечно, на этой стадии работ роль геолога второстепенная. Но Ферсман не умел отстраняться от «лишних дел», когда они важны для народного хозяйства. По его инициативе удалось создать уникальную технологию получения руды из апатитов и опесчаненной серы.

В 20—30-х годах кроме Хибин и Каракумов Ферсман провел экспедиции на Урал, в Забайкалье, по горам и долинам Средней Азии, в Кызылкумы. В те годы он начальник хибинских экспедиций, директор Радиевого института АН СССР, директор Института археологической технологии, председатель Комиссии по изучению Якутской АССР. Тогда же он пишет десятки популярных и сотни специальных статей и книг.

В последующие годы периодические обострения болезни отрывали его от активной деятельности. И все же им было создано необычайно много — главным образом теоретических трудов.

В годы Великой Отечественной войны он всецело переключился на практическую работу, изучая преимущественно уральские месторождения полезных ископаемых.

В 1943 году Ферсман был награжден орденом Трудового Красного Знамени; Лондонское геологическое общество присудило ему медаль имени Волластона (ею были награждены такие великие ученые, как Ч. Дарвин, Ч. Лайель, Э. Зюсс).

Ферсман скончался в Сочи от кровоизлияния в мозг 20 мая 1945 года.

НАШ СОВРЕМЕНИК

Каждое поколение заново продумывает и оценивает достижения минувшего времени, ученых и мыслителей прошлого. Подчас некоторые их идеи оказываются более актуальными, злободневными, чем новейшие «скоротечные» гипотезы и теории. Для творчества Ферсмана подобное «дальнодействие» очень характерно. Он умел в частном видеть общее, в настоящем — ростки будущего. От мира минералов переходил к познанию многоликой

природы, объединяющей земное и космическое, человека и окружающую среду.

Вот отрывок из введения в монографию «Геохимия России» (1922 г.): «Мне хотелось бы, чтобы эту книгу взял в руки тот, кто любит русскую природу, кто ищет в ней проявления широких и общих законов мироздания... Выдвигая на первый план общие законы геохимии, я неизбежно должен в ней касаться таких положений, которые не вполне вошли в обиход научной мысли, и таких областей, где отсутствие точных исследований заставляет идти, руководясь только смелой догадкой, аналогией, теорией. Мне приходилось становиться на этот путь очень часто, но без него я не мог идти вперед».

Пятьдесят лет назад вышел в свет первый том «Геохимии» Ферсмана — четырехтомной, оставшейся незаконченной работы, наиболее полно отразившей склад ума и характера ученого. Пожалуй, и поньше она оценена недостаточно, хотя специалисты высказали о ней немало восторженных слов. Двадцать лет последовательно и напряженно шел Ферсман к этому труду. Еще в 1912 году он писал: «Вся жизнь Земли, подобно жизни организмов, есть лишь длинная цепь превращений, смена старых систем равновесия новыми... Химические элементы, как мельчайшие кирпичики всего мироздания, лежат в основе всех природных процессов...»

Изложение основ геохимии он начал с теории атома. Использовал таблицу Менделеева, придавая ей геохимическую форму. Стремился обнаружить соответствия между строением земной коры и структурой атома. Он ввел понятие «кларк» — (по имени американского геохимика) — относительное количество атомов определенного элемента в данном природном теле или его части. Произвел уточненные подсчеты кларков для разных геосфер, построил ряд оригинальных геохимических таблиц и графиков, выяснил немало закономерностей в распространенности атомов Земли, а также космических тел.

В первом томе химия Земли представлена статичной. Характеризуя химические особенности небесных тел и геосфер, Ферсман как бы построил декорации и в общих чертах обрисовал главных действующих лиц глобального «спектакля», посвященного химической жизни планеты. Действие развивается во втором томе. Здесь на первом плане — движение атомов, геохимическая динамика, глобальные перемещения, миграция минерального вещества.

Критики Ферсмана упрекали его за ввод слишком многих понятий, терминов. Но ведь такое «излишество» может быть объяснено тем, что ученый открывал новые области науки, привлекал внимание исследователей к малоизученным проблемам. Предлагая и развивая понятие гипергенеза (геохимии биосферы), он заложил основы геохимии ландшафта, геохимической экологии, а также геохимии техногенеза — глобальной технической деятельности человека. И вот, непримиримым критиком двух первых томов «Геохимии» стал — редчайший случай! — сам автор. В третьем томе он заявил, что предыдущие тома «не давали настоящего геохимического освещения природных явлений, не входили в их анализ с точки зрения строения атома и его оболочек. Мне приходится... вооружившись новыми приемами, идти на пересмотр и критический анализ всего накопленного эмпирического материала». Конечно, столь резкий перелом был подготовлен загодя. В ученом слове присутствовали два исследователя. Один — деловитый собиратель и классификатор фактов, аналитик и эрудит. Другой — новатор, искатель, фантазер, мечтающий воплотить в научной теории свое чувство мироздания. И вот второй ученый переубедил первого, заставил прервать наполовину сделанную работу, смело переворочил весь гигантский накопленный материал и начал созидать заново.

Ферсман по-новому переосмыслил таблицу Менделеева. Дело в том, что она составлена для атомов, а в природных условиях вступают в соединения и мигрируют преимущественно ионы. Ученый составил таблицу 145 анионов и катионов, участвующих в геохимических процессах. Выделил их главные характеристики: заряд, радиус, валентность. В кристаллические решетки минералов ион обычно входит тем прочнее, чем выше его заряд и меньше радиус. Исходя из этого, Ферсман вывел особые энергетические коэффициенты и с их помощью проанализировал реальные природные процессы, например, кристаллизацию расплавов. В некоторых случаях расчеты соответствовали фактам. В целом, однако, точность вычислений была невелика.

Пожалуй, построить непротиворечивую геохимическую теорию на основе только энергетических показателей невозможно. Для сложных систем, обладающих причудливой структурой, организованностью, требуется учитывать степень упорядоченности, информативности, используя методы теории информации,

кибернетики. А ведь в биосфере действуют особо сложные объекты: коллоиды, живое вещество. И не случайно в конце третьего тома «Геохимии», испытав радость поисков, счастье открытий, горечь сомнений и разочарований, Ферсман написал: «Остается только пожелать, чтобы скорее нашелся такой мыслитель, который из разрозненных фактов сумеет построить единое здание геохимической энергетики».

...Некогда теологи рассуждали: может ли всесильный бог сотворить такой камень, который сам не сможет подняться? Думается, что величие творца-ученого наиболее полно проявляется в умении выдвигать такие научные проблемы, которые будут разрабатываться поколениями ученых, не теряя своей остроты и актуальности. Александр Евгеньевич умел выдвигать такие проблемы.

УЧЕНЫЙ БУДУЩЕГО

В 1922 году Ферсман опубликовал небольшую книгу «Пути к науке будущего». Там, в частности, сказано: «В будущем строителем жизни будет ученый — не оторванный от окружающего мира, а тесно связанный с ним; он будет иметь свое право владеть этим миром, ибо только его достижениями будет этот мир жить».

Тогда же, 60 лет назад, Александр Евгеньевич писал: «На фундаменте старого физического мировоззрения я вижу в науке будущее торжество человеческого духа... И тогда точное положительное знание захватит в своем победном шествии самого человека, тогда во всей красоте будущее будет принадлежать тому, что мы сейчас называем науками гуманитарными... Снова к самому человеку, к его познанию и творческой мысли вернется наука, и прекрасными будут ее достижения на пороге нового мира, когда из того, что называется *Homo sapiens*, создастся *Homo scientiae*».

...Цель ученого — вырабатывать новое знание. Но есть и сверхцель: поиски истины. Эта высокая духовная потребность стремится человеческую мысль к открытиям, вдохновляет человека, устремленного в неведомое, смыкает мимолетное личное существование с бесконечностью бытия.

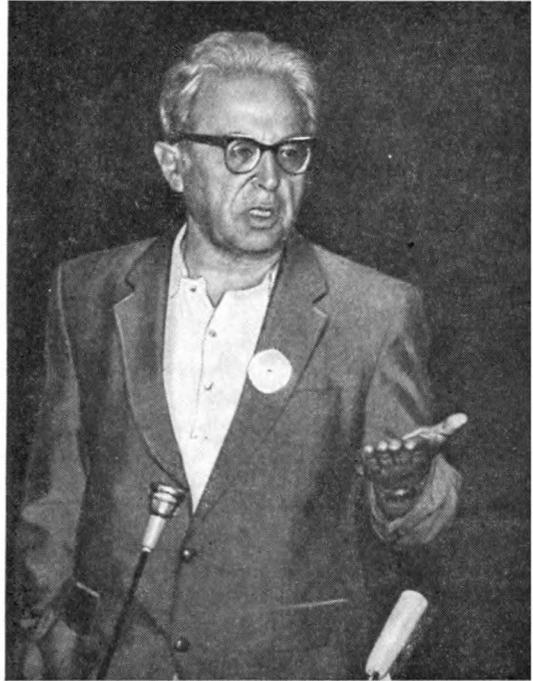


Кандидат физико-математических наук
В. Г. СУРДИН

Строение галактик и звездообразование

Такова была тема Всесоюзной конференции, проходившей в начале июля 1983 года в Киеве. Ее организаторы — Астрономический совет АН СССР и Главная астрономическая обсерватория АН УССР. В работе конференции приняли участие 100 человек — представители 25 астрономических учреждений. Среди них были теоретики и наблюдатели, маститые ученые и молодые астрономы. На пленарных заседаниях и трех секциях заслушано около 80 докладов, много коротких сообщений и выступлений.

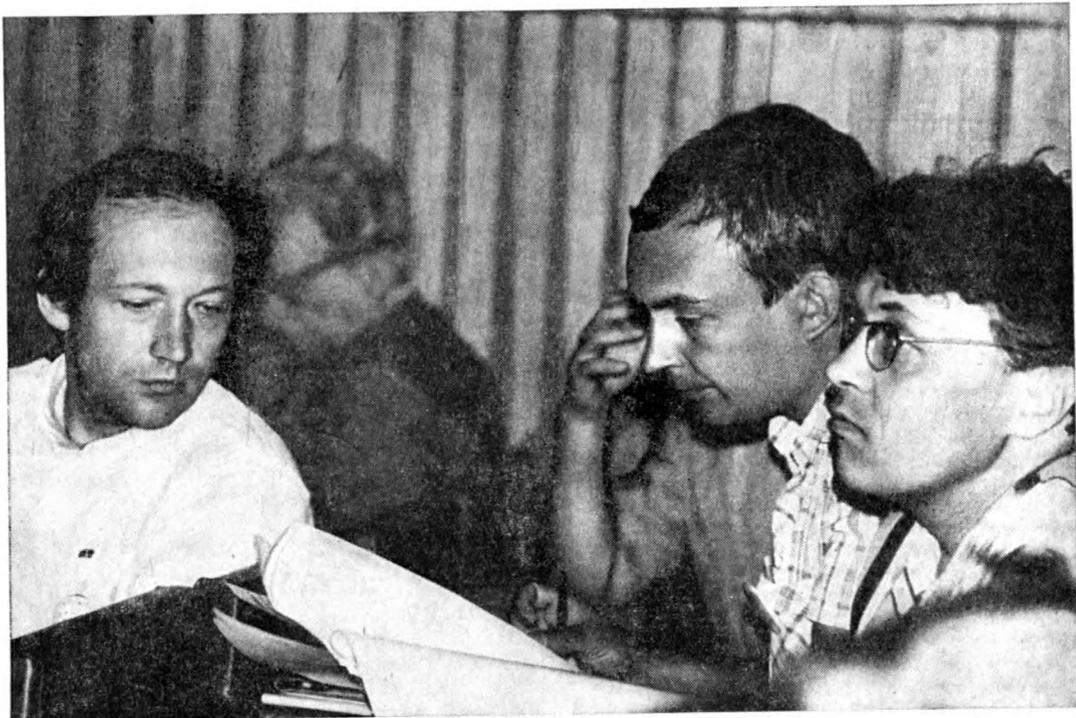
Тему конференции более точно можно было бы сформулировать так: «Связь между структурой галактик и звездообразованием». Никто сейчас не сомневается, что такая связь существует — достаточно сравнить эллиптические галактики, лишенные газа и молодых звезд, со спиральными галактиками, где звезды рождаются буквально на наших глазах, но не в любом месте галактики, а преимущественно на внутренней границе спиральных рукавов. Причины этой связи пока не совсем ясны. Например, астрономы все еще спорят, возбуждает ли спиральная волна плотности процесс звездообразования либо, наоборот, процесс самоподдерживающегося звездообразования вместе с эффектом дифференциального вращения галактики приводит к появлению на ее диске спирального узора. Спорно происхождение и более «скромных» структурных образований, обнаруженных недавно в нашей и соседних галактиках. Речь идет о гигантских оболочках нейтрального водорода, заполненных горячим разреженным газом. Эти образования, имеющие диаметр до 1 кпк, обычно называют «сверхоболочками», или «сверхпузырями». Ясно, что они появились в результате мощного выделения энергии в области, богатой межзвездным газом. Нагретый газ расширился и, как поршень, сжал холодную межзвездную среду, создав из нее плотную оболочку. Похожие оболочки возникают обычно после взрыва сверхновой звезды, но они имеют размеры несколько десятков парсек, а «сверхоболочки» потому и названы так, что в десятки раз больше по диаметру и для их образования требуется энергия, заключенная во вспышке примерно сотни сверхновых звезд. А может быть, это — результат взрыва одной, но необычайно мощной сверхновой? Что, если взорвалась звезда в тысячи раз более массивная, нежели Солнце? Такие звезды (если они существуют, в чем многие астрономы сомневаются) рождаются очень редко и, прожив короткую



Выступает
член-корреспондент АН СССР
И. С. Шкловский

жизнь, взрываются как необычайно мощные сверхновые. Возможно, только структура межзвездной среды в галактиках надолго запоминает эти взрывы, оставляющие после себя гигантские газовые «пузыри» с горячей сердцевиной и холодными стенками. Впрочем, «сверхпузыри» могли образоваться и в результате серии вспышек обычных сверхновых звезд. Ведь в крупном рассеянном скоплении (таком, как h и χ Персея) за короткое время должно прозволюционировать и взорваться несколько десятков массивных звезд.

Вопрос о происхождении «сверхпузырей» рассматривался на конференции комплексно, в связи с различными аспектами проблемы звездообразования. Астрономов заинтересовало, зависят ли параметры «сверхпузырей» от свойств галактики? Оказалось, самые крупные



Слева направо: А. В. Засов, А. Г. Морозов и А. Г. Дорошкевич во время заседания

«сверхпузыри» диаметром около 1 кпк встречаются только в неправильных галактиках, но их нет в спиральных. Естественно связать этот факт с тем, что в неправильных галактиках (например, в Магеллановых Облаках) рождаются более массивные звездные скопления, чем в спиральных галактиках. А ведь чем больше звезд в скоплении, тем больше и число сверхновых, а следовательно, больше размеры «сверхпузыря» вокруг скопления. Однако неправильные галактики могут отличаться от спиральных не только параметрами молодых звездных скоплений, но и характеристиками самих звезд. В нашей Галактике мы не знаем звезд с массой более 100 солнечных, тогда как в Большом Магеллановом Облаке предполагается существование звезды с массой порядка 1000 солнечных (Земля и Вселенная, 1983, № 6, с. 41.—Ред.). Может быть, взрывы подобных звезд объясняют возникновение «сверхпузырей»? В одной из работ, представленных на конференции, была рассмотрена проблема: как отличить остатки взрыва сверхмассивной звезды от каскадной вспышки сотни обычных сверхновых? По-видимому, детальные наблюдения в оптическом и рентгеновском диапазонах позволят это сделать.

Судя по всему, «сверхпузыри» появляются лишь в том случае, когда процесс звездо-

образования протекает в плотной центральной части массивного газового облака. Но, как показывают наблюдения, нередко звездообразование начинается не в центре, а на краю облака. Повинно в этом либо другое газовое облако, которое в результате столкновения с первым уплотнило газ на его краю, либо ударная волна в межзвездном газе, сопутствующая спиральным рукавам галактики. Так или иначе, начавшись на одном краю облака, процесс звездообразования неуклонно продвигается вглубь. Молодые звезды своим лучевым давлением и звездным ветром уплотняют окружающий их холодный газ, что способствует его фрагментации на протозвезды. Совокупность этих процессов иногда называют эпидемическим звездообразованием. Действительно, соседние участки облака как бы «заражаются» звездообразованием от тех участков, где оно уже интенсивно идет. В этот момент облако межзвездного газа напоминает гниющее яблоко: процесс гниения, начавшись на небольшом участке его поверхности (обычно в результате внешнего воздействия, например, удара), продвигается затем вглубь плода, охватывая здоровые области. Но в отличие от яблока межзвездная среда имеет сложное строение. Свойства ее таковы, что в широком интервале температур газ «предпочитает» находиться в двухфазном состоянии: одна его часть объединяется в холодные облака, а другая — горячая — заполняет промежутки между ними. Под воздействием молодых звезд давление в межзвездной среде повышается. Это приводит, с одной стороны, к еще большему уплот-

нению холодных облаков и к превращению их в протозвезды, а с другой стороны — к разогреву разреженного газа. Известно, что нагретый газ расширяется. Но куда? Когда звездообразование происходит в центре облака, горячий газ формирует расширяющийся «сверхпузырь». Если же процесс звездообразования начался на краю облака, наблюдается не менее интересное явление: нагретый звездами газ с большой скоростью оттекает от облака в ту сторону, откуда движется волна звездообразования. Внешне это напоминает струю пены, бьющую из открытой бутылки с шампанским. Поэтому и само явление окрестили «эффeктом шампанского». На конференции сообщалось о наблюдении этого эффекта в эмиссионной туманности W4. Собственно говоря, сама туманность и есть тот горячий ионизованный газ, который вырывается из «горлышка» своеобразного сосуда — незамкнутой оболочки из нейтрального водорода.

«Эффект шампанского» обнаружен во многих областях звездообразования лишь в последние годы, но отнюдь не потому, что это малозаметный, второстепенный эффект. Просто для его обнаружения потребовался комплексный подход к изучению каждой области: необходимо было проанализировать радиоизлучение нейтрального водорода, оптическое и рентгеновское излучение горячего газа, микроволновое излучение молекул, инфракрасное излучение пыли и т. д. Слишком многообразны физические условия в областях звездообразования, чтобы можно было надеяться разгадать процесс рождения звезд,

используя немногие традиционные методы наблюдения.

Вернемся теперь к вопросу о спиральной структуре галактик. В 70-х годах, воодушевленные теорией спиральных волн плотности (Земля и Вселенная, 1971, № 1, с. 25.— Ред.), астрономы стали искать ее наблюдательные подтверждения. И нашли их как в нашей, так и в соседних галактиках. На конференции сообщалось много интересных данных о распределении и движении молодых звезд в окрестности Солнца, о распределении цефеид в спиральных рукавах туманности Андромеды. Все эти данные уверенно интерпретируются в рамках теории волн плотности. Казалось бы, можно радоваться. Но теоретики всерьез усомнились, в состоянии ли хорошо разработанная сейчас теория волн плотности объяснить все многообразие крупномасштабных узоров на дисках галактик. Трудно, например, объяснить с позиций этой теории существование в некоторых галактиках гигантских областей звездообразования — сверхассоциаций. В докладах, представленных на конференцию, рассматривались различные теории спиральных рукавов — волны плотности в звездном диске, гидродинамические волны в газе, эпидемическое звездообразование, обсуждались даже явления, имеющие аналогию в физике плазмы. По-видимому, старое

Экскурсию по Главной астрономической обсерватории проводит И. Г. Колесник (в центре)



определение — «спиральная галактика» — уже не характеризует в полной мере те физические процессы, которые формируют крупномасштабные «рисунки» на дисках галактик. Необходима более тонкая классификация спиральных галактик в соответствии с требованиями существующих теорий спирального зора.

Загадочный спиральный узор на дисках крупных галактик издавна привлекает внимание астрономов. И хотя крупные галактики исследованы сейчас достаточно подробно, попытки объяснить их происхождение сталкиваются с большими трудностями. Возможно, поэтому интерес у участников конференции вызвала дискуссия о карликовых галактиках, масса которых порядка 10^7 солнечных. Так как основная доля звезд заключена в массивных галактиках, карликовые галактики долгое время считались «побочным продуктом» формирования звездных систем. Теперь же некоторые теоретики полагают, что первыми рождаются галактики-карлики, а позже из них путем слипания образуются крупные звездные системы. В любом случае карликовые галактики, по-видимому, «устроены» проще галактик-гигантов. Именно поэтому карликовые галактики удобнее использовать как своего рода пробный камень для проверки существующих представлений о формировании звезд и эволюции звездных систем.

В настоящее время информация о карликовых галактиках только начинает накапливаться. Успешно исследуются эти объекты на 6-метровом телескопе Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. Получены первые интересные результаты. Например, среди карликовых галактик, окружающих гигантскую спиральную галактику М81, выделены не совсем понятные с динамической точки зрения группировки — своеобразные «карли-

ковые скопления карликовых галактик». Строеие этих скоплений несет информацию как об условиях формирования галактик в далекую эпоху их зарождения, так и о современных условиях в окрестностях гигантской галактики М81, в частности, о распределении массы в ее короне. Изучены карликовые галактики в направлении крупного скопления галактик в созвездии Девы. Как и ожидалось, в центре скопления, где маленьким галактикам, имеющим большое количество газа, «выжить» трудно, их почти нет. Зато перед скоплением и за ним, где крупные галактики встречаются редко, было найдено много галактик-карликов, в которых есть газ и молодые звезды. По-видимому, в центре скоплений некоторые карликовые галактики «поедаются» своими более крупными братьями. Чрезвычайно важно выяснить, как распределены карликовые галактики в пространстве, в частности, существуют ли они между сверхскоплениями, где обнаружены гигантские пустоты в распределении крупных галактик (Земля и Вселенная, 1982, № 2, с. 2.—Ред.). Ответ на этот вопрос определит судьбу развиваемых сейчас теорий образования галактик.

В своих впечатлениях о конференции я затронул лишь три из множества обсуждавшихся вопросов. Говорилось же на ней о многом: о рождении звезд, планет и формировании галактик, о проблеме сверхновых звезд и загадке скрытой массы галактических скоплений. По духу своему киевская конференция была космогонической в самом широком смысле. И, что важно, в исследовании почти каждого из затронутых вопросов отмечался несомненный прогресс.

Фото автора



Расстояние до галактики М 33

Спиральная галактика М 33 в созвездии Треугольника — одна из ближайших к нам. И хотя галактику наблюдают очень давно, до сих пор нет надежной оценки расстояния

до нее. Обычно индикаторами расстояний служат пульсирующие переменные звезды — цефеиды (Земля и Вселенная, 1973, № 2, с. 46.—Ред.), но в галактике М 33, удаленной от нас на многие сотни килопарсек, звезды эти трудно различимы. Еще совсем недавно при оценке расстояния до М 33 астрономы пользовались данными о цефеидах, полученными Э. Хабблом в 1926 году.

С 1950 года на обсерватории Маунт Паломар (США) осуществляется программа наблюдений М 33. В галактике обнаружено около 100 переменных звезд, многие из которых классифицированы как цефеиды, однако достаточно

изучены лишь 13 звезд этого типа. Их периоды изменяются от трех до 37 суток. Американские астрономы А. Сендейдж и Д. Карлсон построили для 13 цефеид в М 33 диаграмму «период — светимость». Используя полученную диаграмму для калибровки шкалы расстояний, астрономы нашли, что модуль расстояния (разность между видимой и абсолютной звездными величинами объекта) до М 33 равен $25,35^m$. Эта величина оказалась на $0,67^m$ больше, чем принималось ранее. Значит, расстояние до галактики М 33 на 40% больше, чем считалось прежде (600—700 кпк). *Astrophysical Journal Letters*,

1983, 267, 1.

Кеплер и парадокс Ольберса

В 1982 году издательство «Наука» выпустило в переводе на русский язык работу Иоганна Кеплера «Разговор с звездным вестником, недавно ниспосланным смертным Галилео Галилеем, падуанским математиком» (опубликована в кн. И. Кеплер. О шестиугольных снежинках). Эта работа впервые увидела свет в 1610 году. При ее чтении мое внимание привлекло место, где Кеплер, по сути дела, высказывает идеи, известные в настоящее время как парадокс Ольберса.

Немецкий врач Генрих Ольберс сформулировал фотометрический парадокс в 1826 году. Суть его в следующем. Если Вселенная бесконечна и не имеет иерархической структуры (звезды — скопления звезд — галактики — скопления галактик — и т. д.), а звезды в ней распределены равномерно, то все небо должно светиться, подобно поверхности «средней» звезды, например Солнца. Действительно, пусть число звезд в единице объема равно D , тогда в пространстве между поверхностями двух сфер радиусом r и $r+dr$ будет находиться

$$\frac{4}{3} \pi D [(r + dr)^3 - r^3]$$

звезд.

Занимаемая ими поверхность на небе составит $4\pi DR^2 dr$, где R — средний радиус звезды. Интегрируя это выражение от 0 до ∞ , получаем бесконечно большую поверхность, проекция которой на небесную сферу покроеет ее бесконечное число раз. Следовательно, в любом направлении на луче зрения должна оказываться звезда, и вся небесная сфера должна быть ослепительно яркой. На самом деле это не наблюдается.

Пытаясь объяснить фотометрический парадокс, Ольберс предположил, что в межзвездном пространстве есть поглощающая свет материя. Но тогда происходит накопление энергии, излученной звездами в поглощающей материи, в результате чего ставится под вопрос возможность пребыва-

ния такой Вселенной в равновесном состоянии. Парадокс Ольберса был разрешен в начале XX века после того, как французский астроном К. Шарлье ввел понятие иерархической структуры Вселенной. В модели расширяющейся Вселенной парадокс Ольберса не возникает вовсе, поскольку, согласно этой модели, наблюдатель регистрирует свет не всех звезд бесконечной Вселенной, а лишь тех, которые удалены от него не далее расстояния 10 млрд. лет. Эта оценка дается величиной c/H , где c — скорость света, а H — постоянная Хаббла.

Что же пишет в своем «Разговоре с звездным вестником...» Иоганн Кеплер (с. 57)? «Ты (Галилей.— В. Ф.) не колеблясь утверждаешь, что число видимых звезд превышает 10 000. Но чем больше их и чем плотнее они располагаются на небе, тем правильнее моя аргументация против неограниченности мира... Даже если бы лишь 1000 звезд имели бы диаметры не меньше одной минуты (а большинство из сосчитанных звезд имеют диаметры больше одной минуты), то и тогда, если свести их в одну сферическую поверхность, то диаметр ее будет равен диаметру Солнца (или даже больше его). Во сколько же раз будут превосходить по своим видимым размерам Солнце 10 000 малых дисков, слитых воедино? Если это верно и если те Солнца того же рода, что и наше Солнце, то почему бы им всем, взятым вместе, не превосходить по блеску наше Солнце?» (подчеркнуто мною.— В. Ф.). Чтобы объяснить, почему этого не происходит, Кеплер ссылается на гипотезу существования межзвездной поглощающей материи, но тут же отвергает ее. Далее он использует свой «фотометрический парадокс» как доказательство того, что звезды — это Солнца не «того же рода, что и наше Солнце», то есть как доказательство уникальности и выделенности нашего Солнца (а вместе с ним и Земли — дома человечества) во Вселенной. Он пишет: «Может быть, их (звезды.— В. Ф.) за-

темняет эфир в межзвездном пространстве? Отнюдь, ведь мы видим, как они мерцают, видим, что они отличаются по внешнему виду и цвету. Все это было бы невозможно, если бы плотность эфира представляла некое препятствие» (с. 58).

Таким образом, зачатки фотометрического парадокса, сыгравшего вместе с гравитационным парадоксом Зеелигера заметную роль в развитии космологии, мы находим в трудах одного из классиков астрономии, за 200 лет до того, как этот парадокс был сформулирован Ольберсом.

В. С. ФИЛОНЕНКО

В память о ракетных стартах

Так совпало, что наш маршрут на торжественный митинг, посвященный 50-летию со времени запуска первых советских жидкостных ракет, пролегал мимо дома № 19 по Садовой-Спасской улице в Москве. Того самого дома, в котором в 1932—1933 годах размещалась Группа изучения реактивного движения (ГИРД) и где энтузиасты космонавтики — ученые, конструкторы и рабочие спроектировали и построили первые советские жидкостные ракеты «ГИРД-09» и «ГИРД-Х». А ехали мы именно туда, откуда в 1933 году эти ракеты стартовали, — в подмосковное Нахабино.

17 августа 1983 года.

...Полощутся на сильном ветру флаги всех союзных республик, играет духовой оркестр. Настроение торжественное и приподнятое. Смолк оркестр, и тишину пронзил сигнал: «Слушайте все!»



Слово предоставлено члену ЦК КПСС, секретарю Московского областного комитета КПСС В. М. Борисенкову

В президиуме митинга член ЦК КПСС, секретарь Московского областного комитета КПСС В. М. Борисенков, первый заместитель Главного командующего ракетными войсками стратегического назначения генерал-полковник Ю. А. Яшин, академик В. П. Мишин, летчик-космонавт СССР Л. С. Демин, исполняющий обязанности заместителя председателя Федерации космонавтики СССР А. П. Бачурин, ветераны ГИРДа И. А. Меркулов, Е. М. Матысык, А. И. Полярный, О. К. Паровина, В. В. Александрова — мать А. П. Александрова, работав-

шего в этот день на борту горска продемонстрировали собравшимся запуски моделей — копий ракет «ГИРД-09» и «ГИРД-Х».

В. М. Борисенков открывает памятный мемориальный знак, перерезает ленту, стягивающую чехол на барельефной доске и снимает чехол. Взорам присутствующих открывается надпись: «В 1932—1933 гг. здесь находилась испытательная станция ГИРДа и были запущены первые советские жидкостные ракеты, созданные коллективом ГИРДа под руководством С. П. Королева.

17 августа 1933 г. — «ГИРД-09», созданная по проекту М. К. Тихонравова, 25 ноября 1933 г. — «ГИРД-Х», созданная по проекту Ф. А. Цандера.».

Оркестр играет «Славься!», звучит троекратное «Ура!». Потом, как бы символизируя эстафету поколений, юные моделисты-конструкторы из За-

горска продемонстрировали собравшимся запуски моделей — копий ракет «ГИРД-09» и «ГИРД-Х».

Надолго останется в памяти посещение скромного обелиска из серого гранита, стоящего в лесу неподалеку. Это место «первого пуска», о чем свидетельствуют слова на обелиске: «На этом месте в 1933 году были запущены первые советские жидкостные ракеты...».

Е. И. БАЛАНОВ



О. Н. КОРОТЦЕВ

Космические двойники топонимов СССР

Из 2782 астероидов, включенных в ежегодник «Эфемериды малых планет» на 1984 год, 73-м присвоены географические названия нашей страны.

Как известно, первые открытия астероидов в нашей стране датируются началом века и были сделаны в Симеизской обсерватории. Особенно отличились неутомимые «труженики неба» Г. Н. Неуймин (1886—1946) и С. И. Белявский (1883—1953). Из 137 малых планет, обнаруженных симеизскими астрономами и занесенных в международный каталог, 69 принадлежит Неуймину и 28 — Белявскому (Земля и Вселенная, 1973, № 4, с. 59.— Ред.).

В настоящее время наблюдениями астероидов занимается специальная группа в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Ее возглавляет кандидат физико-математических наук Н. С. Черных. На его счету свыше ста открытых малых планет и две кометы. Более чем по пятидесяти астероидам обнаружили сотрудники Института теоретической астрономии АН СССР Т. М. Смирнова и Л. И. Черных, ведущие в Крыму фотографические наблюдения малых тел Солнечной системы.

Мало кому известно, что в необозримом космическом просторе есть астероиды, названные в честь советских республик, великих русских рек, больших городов и даже совсем малых селений, которых и на карте-то не найти. Так, по околосолнечным орбитам движутся малые планеты № 232 **Россия**, № 1709 **Украина**, № 2170 **Белоруссия**, № 780 **Армения**, № 781 **Картвлия** (старинное название Грузии), № 1351 **Узбекистан**, № 2178 **Казахстан**, № 1284 **Латвия**, № 1541 **Эстония**, № 2419 **Молдавия**, № 2469 **Таджикистан**, № 2566 **Киргизия**, № 2577 **Литва**, № 2584 **Туркмения**, № 2698 **Азербайджан** — славное созвездие советских республик. Многие из этих астероидов получили имена в год празднования 60-летия образования СССР.

Из 73 географических названий СССР, присвоенных астероидам, 32 относятся к Российской Федерации. В числе носителей топонимов советских автономных республик и автономных округов — малые планеты № 1391 **Карелия**, № 2287 **Калмыкия**, № 2297 **Дагестан**, № 2593 **Бурятия**, № 2607 **Якутия**, № 2610

Тува, № 2657 **Башкирия**, № 2668 **Татария**, № 2670 **Чувашия**, № 2509 **Чукотка** и № 2656 **Эвенкия**.

В Солнечной системе имеются малые планеты **Москва** (№ 787), **Ленинград** (№ 2046), есть и астероид **Нева** (№ 1603). В свое время в честь революционного Петрограда, по предложению Г. Н. Неуймина, астероиду № 830 было присвоено имя **Петрополитана**.

В окрестностях Ленинграда немало мест, напоминающих о боевой славе защитников города и выдающихся научных свершениях отечественных ученых. Так, на знаменитых Пулковских высотах находится Главная астрономическая обсерватория АН СССР. Ей посвятил Г. Н. Неуймин открытый им астероид № 762, назвав его **Пулково**. И уже сравнительно недавно в честь неприступного для врага города-крепости на острове Котлин в Финском заливе астероид № 2447 получил имя **Кронштадт**.

В одном из циркуляров, поступивших в Институт теоретической астрономии АН СССР из Международного планетного центра, сообщалось, что малая планета № 2094 была открыта в Крыму В. Пиксаевым. Поначалу это сообщение озадачило — в группе такого наблюдателя нет. Но вскоре выяснили, что в 1971 году в Крымской астрофизической обсерватории проходил практику студент Казанского университета Вячеслав Пиксаев. На 40-сантиметровом двойном астрографе он фотографировал «закрепленные» за ним участки звездного неба. И вот почти восемь лет спустя было установлено, что В. Пиксаев — первооткрыватель новой малой планеты. Он предложил дать ей имя **Магнитка**.

Малая планета № 2140 **Кемерово** получила название крупного административного, промышленного и культурного центра Кузбасса, первенца первой пятилетки, шахтерского города Кемерово. С инициативой подарить кемеровчанам «космический сувенир» выступил заслуженный работник культуры РСФСР, директор Кемеровской областной планетария Е. М. Долгих.

Несколько небесных тел имеют «сибирские» названия. Это — малая планета № 1094 **Сибирия**, астероид № 1957 **Ангара** и астероид № 2232 **Алтай**. Главному топливному центру Западной Сибири и его славным труженикам посвятила Т. М. Смирнова малую планету № 2120 **Тюмения**. В числе «сибирских» есть астероид № 2036 **Шерагул**. Это село в Тулун-

ском районе Иркутской области — родина первооткрывателя небесных тел Н. С. Черныха.

Малой планете № 1149 присвоено имя великой русской реки — **Волга**, планета № 1387 названа **Кама**, № 1316 — **Казань**, а за астероидом № 1369 закреплено имя **Останина**. Одноименное село в Пермской области — родина первооткрывателя малых планет П. Ф. Шайн (1894—1956). Именем дорогого ей места она и назвала небесное тело.

Самый прославленный советский «охотник» за малыми планетами и кометами Г. Н. Неуймин, проведший юношеские годы в Ставрополе, назвал одну из своих планет, занесенную в каталог под номером 1147, **Ставрополис**.

В 1980 году жемчужина Кавказских Минеральных Вод — город Пятигорск отмечал свое 200-летие. По просьбе автора статьи Т. М. Смирнова «преподнесла» жителям Пятигорска «космический сувенир» в виде малой планеты № 2192. Ей было дано поэтическое название **Пятигория**.

В память об ожесточенной Сталинградской битве, ставшей символом непоколебимой стойкости и мужества советских бойцов, астероид № 2250 получил имя **Сталинград**.

А во главе списка «русских» топонимов — малая планета с дорогим сердцу каждого советского человека названием **Россия**. Оно было закреплено за малой планетой № 232 по предложению члена-корреспондента Петербургской Академии наук В. П. Энгельгардта (1828—1915).

19 названий в космосе связаны с Советской Украиной. Первым в кругу «украинских» появилось древнее название Северного Причерноморья — **Скифия**. По предложению Г. Н. Неуймина оно было закреплено за планетой № 1306. **Рени** — имя астероида № 1792 и название районного центра в Одесской области, родины известного пулковского астронома А. Н. Дeyча. Малые планеты № 2092 и № 2093 получили имена **Сумяна** и **Геничesk**. Первая названа в честь областного города Сумы, вторая — Геничeskа, районного центра Херсонской области, родины Т. М. Смирновой, открывшей планету № 2093.

В связи с 1500-летием основания Киева, малая планета № 2171 получила имя столицы Украины — **Киев**. К 60-летию образования СССР в каталоге появились еще две планеты, носящие название областных центров Украины — **Одесса** (№ 2606) и **Херсон** (№ 2701).

Характерно, что из 19 «украинских» названий 11 относятся к солнечному Крыму. И это не случайно. Астрономы отдавали предпочтительные места, где они жили и трудились. «Парад крымских астероидов» возглавляет малая планета № 748 **Симеиза**, открытая Г. Н. Неуйминым 14 марта 1913 года. Симеиза была первой крымской планетой, занесенной в международный каталог. Нескольким астероидам присвоены имена курортных городов и поселков, расположенных на южном берегу Крыма: № 1475 **Ялта**, № 951 **Гаспра**, № 1048 **Феодосия**, № 1874 **Кацивелия**. По предложению первооткрывателя небесных тел Л. И. Черных астероид № 1956 назван

в честь всесоюзного пионерского лагеря в Крыму — **Артек**.

В годы Великой Отечественной войны беспримерное мужество проявили героические защитники аджикушайских каменоломен, города-героя Керчи, Эльтйгенга. Своеобразным памятником их подвигу стали малые планеты № 1903 **Аджикушайка**, № 2216 **Керчь** и № 2217 **Эльтйген**. И наконец, в честь Крымского полуострова астероид № 814 назван **Таврида**, а № 1140 — **Крымея**.

Тесные контакты симеизцев с Абастуманской астрофизической обсерваторией АН ГССР отражены в пяти «грузинских» названиях малых планет. Помимо уже упоминавшейся Картвелии астероид № 753 носит имя **Тифлис**, № 1135 — **Колхида**, № 1289 — **Кутаиси**, № 1390 — **Абастумани**. Четыре астероида открыты и названы Г. Н. Неуйминым, пятый — П. Ф. Шайн. Недавно этот перечень пополнился астероидом № 2116 **Мцхета**. 24 октября 1976 года его обнаружил датский астроном Р. Вест, фотографирующий звезды южного неба в чилийской обсерватории Ла Силья. В знак большого уважения и личных симпатий к советским коллегам Р. Вест, некогда работавший в Абастуманской обсерватории, назвал новую малую планету в честь древней столицы Восточной Грузии — **Мцхеты**. В дни празднования 60-летия СССР малую планету № 2671 наименовали **Абхазия**.

По две планеты посвятили астрономы Советской Армении и Советской Латвии. Малую планету № 780 Г. Н. Неуймин назвал **Армения**, а № 791 — **Ани** в честь древней армянской столицы. Любопытна история открытия «латышского» астероида № 1284. Его обнаружили почти одновременно в Симеизе и в обсерватории Кенигштуль близ Гейдельберга, но вычислил орбиту астероида студент К. А. Штейнс (1911—1983), ставший позднее профессором Латвийского университета. Штейнсу и было предоставлено почетное право дать планете имя. И он назвал ее в честь своей родины — **Латвия**! Латвийские астрономы успешно исследуют движения малых планет. Ежегодно в Риге исправляются орбиты нескольких десятков астероидов. Этой работой руководит доцент Латвийского университета М. А. Дирикис. Малая планета № 1796, движение которой он уточнил, названа по его предложению — **Рига**.

С космической гаванью Вселенной — космодромом **Байконур** — породнилась малая планета № 2700. По предложению ее первооткрывателя Н. С. Черныха она получила название Байконур и стала второй планетой, в имени которой фигурирует «казахский» топоним.

По одному астероиду «имеют» Белоруссия, Эстония, Молдавия, Таджикистан, Киргизия, Литва, Туркмения, Азербайджан и Узбекистан. Название Узбекистана дал астероиду Г. Н. Неуймин. В тяжкие годы Великой Отечественной войны многие симеизцы, находясь в эвакуации в Ташкенте, были согреты теплом и заботой узбекских друзей.



Пленум СПАК на Украине

С 24 по 26 мая 1983 года в Полтаве проходил пленум Совета по подготовке астрономических кадров при Академии наук СССР (СПАК), в котором приняли участие представители ряда астрономических научных учреждений, университетов и педагогических институтов страны. Обсуждался круг вопросов, связанных с подготовкой астрономов высшей квалификации (кандидатов и докторов наук) и с преподаванием астрономии в университетах, педагогических институтах и средних школах. Руководил работой пленума председатель СПАК академик В. В. Соболев. Большую помощь в организации и проведении пленума оказала Полтавская гравиметрическая обсерватория.

Во вступительном слове В. В. Соболев рассказал о некоторых результатах деятельности СПАК за время, прошедшее после предыдущего пленума (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 57.—Ред.). Рекомендации СПАК не создавать советов по защитах диссертаций по данной астрономической специальности при учреждениях, где нет достаточного количества специалистов, работающих в соответствующей области астрономии, а также смешанных советов, в которых астрономия объединена с другими науками, приняты к сведению Высшей аттестационной комиссией (ВАК). В 1981—1982 годах было проведено два совещания, посвященных подготовке в университетах астрономов-наблюдателей, особенно необходимых в настоящее время (Земля и Вселенная, 1983, № 3, с. 65.—Ред.). Члены СПАК выполнили всестороннее рецензирование рукописей учебников по астрономии для средней школы.

С докладами о положении дел с защитой докторских и кандидатских диссертаций по астрономии и их прохождением через ВАК выступили профессоры Е. А. Гребеников и В. Г. Горбачкий. Е. А. Гребеников обратил внимание на необходимость всестороннего обсуждения научной общественностью докторских диссертаций, в особенности диссертаций, подготовленных физиками в смежных с астрономией областях и защищаемых по астрономии. В. Г. Горбачкий отметил, что и среди кандидатских астрономических диссертаций многие выполнены физиками, не получившими во время обучения достаточной общеоастрономической подготовки. В этом случае особую важность приобретает сдача соискателями кандидатского экзамена по об-

щей астрономии. Пленум считает, что должна существовать единая программа такого экзамена, утвержденная ВАК.

В докладе профессора В. В. Иванова об астрономических учебниках для университетов было указано на необходимость создания новых учебников по методике радиоастрономических исследований, по небесной механике для астрофизиков и по звездной астрономии, а также набора учебников по общей астрономии: для будущих астрономов, для физиков и для специалистов широкого профиля. Была отмечена также важность создания учебных пособий по спецкурсам.

Специальное заседание было посвящено университетской астрономии на Украине, где в трех университетах (Киевском, Харьковском и Одесском) ведется подготовка астрономов с первого курса. С докладами выступили представители этих университетов — Э. А. Гуртовенко (Киев), Ю. В. Александров (Харьков) и Ю. А. Медведев (Одесса). Докладчики привели сведения о составе кафедр, учебных планах, приеме и выпуске студентов, рассказали об учебно-методической и научной работе кафедр и университетских обсерваторий. Пленум одобрил проводимую в этих университетах работу и рекомендовал Киевскому университету усилить связь между кафедрой и обсерваторией. При обсуждении докладов В. В. Соболев подчеркнул, насколько важно, чтобы в преподавании участвовали крупные ученые. Если тот или иной университет не располагает такими специалистами, их следует для чтения лекций приглашать со стороны.

А. Б. Палей рассказал о кадрах, наблюдательном и лабораторном оборудовании педагогических институтов. Хотя за последние годы высококвалифицированных преподавателей астрономии стало больше, во многих педагогических институтах их все еще нет; оснащенность астрономических кабинетов и наблюдательных площадок (которые есть далеко не везде) также оставляет желать лучшего. Пленум отметил, что преподавателей, ведущих астрономию в педагогических институтах (обычно физиков), необходимо направлять на факультет повышения квалификации по астрономии, а не физики, и рекомендовал принимать на преподавательскую работу по астрономии в институты только лиц, имеющих университетское астрономическое образование.

Состояние дел со школьным учебником астрономии осветил в своем выступлении доцент Э. В. Кононович, подчеркнувший чрезвычайную сложность создания нового учебника. Представленные к настоящему времени в Министерство просвещения СССР рукописи учебников не отличаются в лучшую сторону от ныне действующего учебника Б. А. Воронцова-Вельяминова и носят, как и этот учебник, описательный характер. В дискуссии была отмечена необходимость создания пробных учебников разных стилей и уровней, в частности, учебника, подчеркивающего физико-математический характер астрономии. Это мнение нашло отражение в решениях пленума.

Е. П. Левитан сделал обзор публикаций о проблемах астрономического образования. Соответствующие материалы печатаются в основном двумя журналами — «Земля и Все-

ленная» и «Физика в школе», причем в статьях второго из них, как правило, рассматриваются лишь частные методические вопросы. В журнале «Земля и Вселенная» за последние 5 лет опубликовано 15 статей по астрономическому образованию. В них освещалась деятельность СПАК и других организаций, связанных с преподаванием астрономии, велась дискуссия о новой школьной программе по астрономии.

После обсуждения докладов пленум принял решения, направленные на улучшение подготовки астрономических кадров и астрономического образования в стране.

Участники пленума ознакомились с многочисленными достопримечательностями Полтавы и ее окрестностей, посетили поле и музей Полтавской битвы.

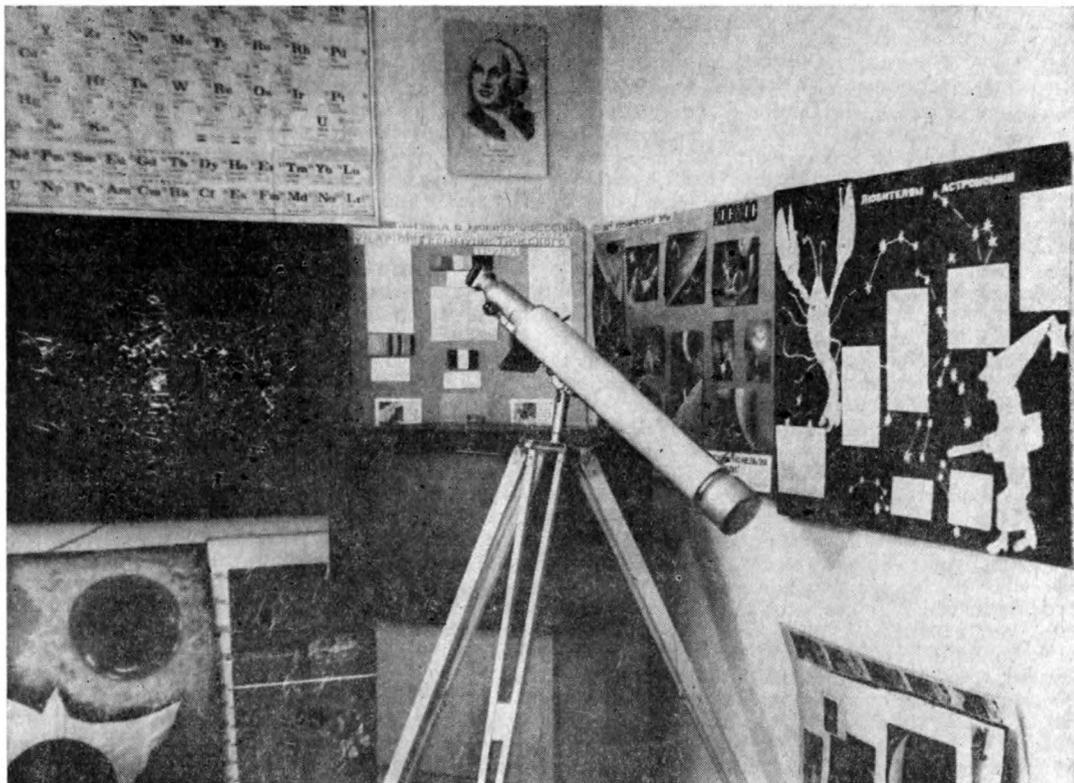
Увлечь ребят астрономией

Курс астрономии в средних ПТУ очень мал: всего 20 уроков. Используя их, нужно не

только познакомить будущих рабочих с основами астрономии, но и заинтересовать ребят предметом. Показать им красоту древней науки. Тогда они сами будут стараться уз-

нать больше, станут охотно посещать лекции в планетарии, начнут читать научно-

Уголок астрономии в кабинете физики





Образцы творческих работ учащихся

популярные книги и журналы.

Очень многое зависит и от преподавателя астрономии. Сумеет ли он сделать так, чтобы уроки астрономии оказывали

эмоциональное воздействие на учеников? Можно просто перечислять названия созвездий, показав их на обычной звездной карте, но можно (и, по-моему, нужно!) поступать иначе... В затемненном классе на светящейся звезд-

ной карте я показываю ребятам созвездия и под прекрасную музыку Чайковского, Свиридова, Массне, Шумана, Бетховена рассказываю мифы, герои которых увековечены в названиях созвездий. Мифы помогают запомнить взаимное расположение созвездий, делают их узнаваемыми на ночном небе. Считая изучение звездного неба интересным и важным делом, я много времени уделяю изготовлению различных наглядных пособий. К их числу относятся, например, диафильм «Звездный атлас Гевелия». Ребята увлеченно выполняют задания по книге Г. Рея «Звезды» (М.: Мир, 1979), вычерчивая «новые очертания старых созвездий». О том, что подобная деятельность достигает цели, свидетельствуют многочисленные творческие работы учащихся по теме «Созвездия»: здесь и выжигание по дереву, и чеканка, и вышивка, и рисунки.

Ребята из ПТУ № 169, в котором я работаю, использовали в оформлении одного из учебных кабинетов астрономические мотивы. Стены украшены фрагментами «Звездного атласа Гевелия», картой звездного неба, изготовленной учащимися на стекле, красочными стендами. Даже чехлы на стульях вышиты изображениями созвездий. Здесь проводятся уроки астрономии, а в свободное от уроков время собирается кружок научной фантастики.

Изготовление наглядных пособий и оформление кабинета — не самоцель, все это помогает развить творческую активность учащихся.

Преподаватель
астрономии ПТУ № 169
Ж. Б. ПАРАМОНОВА



Что такое Арктида?

Слово «Арктида» появилось в прошлом веке. На основании косвенных данных немецкий зоогеограф И. Эгер (1819—1885) совместно с Э. Бесселем (1847—1899) высказал предположение, что в высокоширотной Арктике 20—30 млн. лет назад существовала «северная полярная земля», которая через приполюсные области соединяла Евразию с Америкой. Этот древний трансполярный «мост» суши И. Эгер и назвал Арктидой.

В нашей стране слово «Арктида» долгое время имело хождение лишь в узком кругу географов и геологов. И только 20 лет назад оно получило некоторую известность, когда профессор Н. Ф. Жиров упомянул Арктиду в своей книге «Атлантида». Название это употребил также профессор Д. Г. Панов, правда, он называл Арктидой сушу, окружавшую в меловой период полярный океан. Следует сразу же отметить, что все эти интересные реконструкции палеогеографической обстановки в Северной полярной области относились либо к мезозою, либо к третичному периоду, то есть ко времени, отстоящему от нас на 50—100 млн. лет. Об Арктиде более позднего, четвертичного времени писал советский палеогеограф С. В. Томирдиаро: согласно его гипотезе, в Северном Ледовитом океане в позднечетвертичное время существовал сплошной и достаточно мощный ледяной покров, который нес на поверхности почвенно-грунтовый слой лессово-олового происхождения с тундровой растительностью и фауной мамонтового комплекса.

Арктида, о которой пойдет речь в статье,— реконструкция трансокеанской суши, соединявшей через приполюсный район материки Евразии и Северной Америки геологически в сравнительно недавнее, четвертичное время, близкое к современной (и даже исторической) эпохе.

В данной статье изложены взгляды на проблему Арктиды видного советского ученого-полярника Я. Я. Гаккеля, с которым сотрудничал автор статьи.

ОСТРОВА ИЛИ МАТЕРИК?

Проблемой Арктиды Я. Я. Гаккель начал заниматься в 60-х годах. Но он не завершил своей работы — скончался в декабре 1965 года. После смерти ученого в его архиве обнаружили папку с надписью «Арктида», содержащую разнообразные научные материалы, связанные с этой проблемой.

Какой же представлялась Я. Я. Гаккелю Арктида и какие научные факты он намеревался привести в подтверждение ее возможного существования? Из записок ученого видно, что Арктида рисовалась ему в виде сравнительно узкого перешейка или гряды островов, тянувшихся через Арктический бассейн вдоль подводного хребта Ломоносова — прямая связь северной оконечности Евразии — полуострова Таймыр с северной частью Американского континента — островом Элсмир.

Поскольку глубина океана над подводным хребтом составляет всего сотни метров, то можно было предположить, что либо хребет Ломоносова в прошлом поднимался над океаном, либо понижался уровень моря. Скорее всего, как предполагал Я. Я. Гаккель, Арктида явилась при сложении двух этих разнонаправленных процессов. В результате в Арктике «вырос» своеобразный межконтинентальный мост-перемычка. Таким образом, Я. Я. Гаккель пришел к заключению: очень вероятно, что в недавнее геологическое время существовали значительные участки суши не только в зоне нынешних мелководных шельфовых морей, но и в пределах акватории современного Арктического бассейна. То, что арктический шельф был местами «сухим» еще сравнительно недавно (несколько десятков тысяч и даже тысячи лет назад), многие полярные исследователи считают бесспорным. Об этом говорят разнообразные геолого-геоморфологические и биогеографические данные, собранные советским гляциологом М. Г. Гросвальдом (ему принадлежит реконструкция позднеледсто-



Янов Яковлевич Гаккель (1901—1965)

ценового Панарктического ледникового щита), советским палеогеографом С. В. Томирдиаро и другими учеными.

В набросках своего исследования, посвященного Арктиде, профессор Я. Я. Гаккель писал, что в отличие от привычных географических представлений о распределении на Земле суши и водных пространств, палеогеографические реконструкции местами дают совершенно иную картину поверхности нашей планеты в прошлые геологические эпохи. Такими реконструкциями воссоздаются, например, очертания единого праматерика Пангеи и его древних дочерних материков — Лавразии и Гондваны. Менее известны среди «негеографов» реконструкции Понтиды — древней суши, располагавшейся в восточной части Черного моря и соединявшей Крым и Анатолию, а также Берингии — на акватории нынешнего Берингова моря. Наибольшей известностью пользуются, конечно, палеогеографические исследования, относящиеся к Атлантиде — древней суше, существовавшей, возможно, еще в исторический период.

ПОДВОДНЫЙ ОБЛИК ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Долгое время предполагалось, что Северный Ледовитый океан мелководен и вблизи полюса там могут быть острова. Основанием служили многочисленные промеры глубин, выполненные в пределах Баренцево-Карского и Лаптево-Чукотского шельфов, а также различные, более или менее обоснованные гипотезы, имевшие хождение с XVIII века о разных «землях» — Петермана, Оскара, Санникова, Андреева. Мнение о мелководном полярном море настолько укоренилось, что, отправляясь в плавание на «Фраме», Ф. Нансен не взял достаточного количества троса для промера глубин. На материковом склоне Евразии, куда дрейф ледяных полей вынес его судно, корабельный лот измерил сначала глубину около 2000 м, затем 3850 м, а далее троса уже не хватало, и значительную часть дрейфа лот при промерах не касался дна.

Позднее полярные океанографы ударились в другую крайность: они представляли центральную часть Ледовитого океана в виде глубокой котловины с ровным дном. И только в 1948 году очередная высокоширотная воздушная экспедиция «Север», в которой участвовал Я. Я. Гаккель, наконец, сделала первые промеры глубин близ полюса. В результате был открыт гигантский подводный хребет, названный именем М. В. Ломоносова. В последующие годы рельеф океанского дна в районе предполагавшегося подводного хребта детально исследовали: сам хребет и его отроги изучались промерами с дрейфующих станций СП-3, СП-4 и последующих станций. Затем эти исследования проводили американские дрейфующие станции.

По современным данным, Северный Ледовитый океан имеет сильно расчлененный рельеф дна. Хребет Ломоносова — наиболее крупное горное сооружение, пересекающее Арктический бассейн от Новосибирских островов до острова Элсмир через приполюсное пространство. Протянувшись на 1800 км (отдельные его вершины лишь нескольких сот метров не достигают поверхности океана), хребет разделяет глубоководную зону Северного Ледовитого океана на две половины — Тихоокеанско-Арктическую и Атлантико-Арктическую, различающиеся по их гидрологическому и ледовому режиму, а также по зоогеографическим и другим характеристикам.

По мнению многих современных исследо-

вателей, Арктический бассейн в целом образовался, по-видимому, не позже начала антропогена, когда происходили тектонические поднятия и опускания участков дна в зоне хребта. Во время этих подвижек и одновременного понижения уровня океана в некоторые эпохи ледникового времени осевая зона хребта Ломоносова могла возвышаться над водой и осушалась значительная часть арктического шельфа. Тезис о геологически недавнем надводном положении хребта Ломоносова — основной в проблеме существования Арктиды.

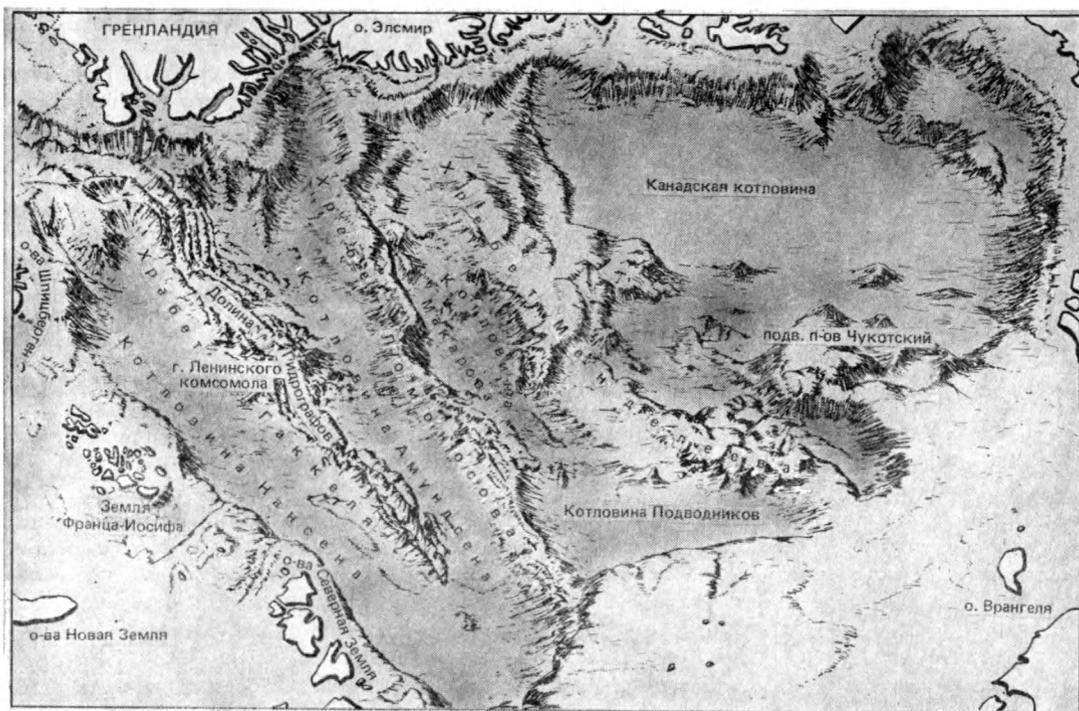
Арктида, представляющая собой в некоторые периоды непрерывный или почти непрерывный «мост» между Евразией и Северной Америкой, сыграла, как думал профессор Гаккель, большую роль в формировании природы Северной полярной области. И действительно, многие флористические (по анализу состава современной растительности), зоогео-

графические, гидробиологические и другие закономерности природы современной Арктики можно объяснить именно биологическим обменом и распространением животных и растений в период существования Арктиды. Через Арктиду, как через «мост», могло осуществляться установленное геоботаниками трансарктическое переселение многих видов высших цветковых растений из Евразии в Америку и обратно, минуя древнюю Берингию. Но та же самая Арктида должна была создавать в Северном Ледовитом океане сплошную преграду — перемычку, из-за которой затруднялся (либо вовсе прекращался) гидробиологический обмен между его приатлантической и притихоокеанской частями.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА СУЩЕСТВОВАНИЯ АРКТИДЫ

На гребнях и склонах подводных хребтов Ломоносова и Менделеева обнаружены субазральные формы рельефа и сопутствующие им породы, то есть те, что образуются и развиваются на суше, а не под водой. Склоны обоих хребтов значительно расчленены, причем долины и каньоны на склонах того же облика и происхождения, каким отличаются подобные наземные формы. Еще одна харак-

Структура дна Северного Ледовитого океана по данным глубоководных промеров с дрейфующих научных станций «Северный полюс» и высокоширотных геофизических съемок





На одной из океанографических станций высокоширотной экспедиции «Север» в районе Северного полюса над хребтом Ломоносова

Фото В. Д. Грищенко

терная черта рельефа хребтов — террасовые поверхности и плосковершие подводные горы, которые образуются обычно на мелководье и на побережьях.

Интересные результаты дало драгирование океанского дна в районе хребтов. В пробах

грунта оказалось много грубообломочного терригенного материала — продуктов выветривания в наземных условиях. В изобилии встречаются галька, щебень, валуны, гравий, песчаные отложения. Часть этого материала Я. Я. Гаккель рассматривал как продукт субаэрального разрушения слагающих хребты коренных пород. В пользу такого предположения свидетельствует подводное фотографирование грунтов на южном склоне хребта Менделеева специальной глубоководной фотокамерой с американской дрейфующей станции «Альфа». На снимках отчетливо различались валуны и щебень, лежащие на поверхности донных отложений.

В 40—50-х годах донные отложения Северного Ледовитого океана детально исследовали советские морские геологи Н. А. Белов и Н. Н. Лапина, а в 70-х также американский геолог И. Херман. Характер осадков указывает на то, что в четвертичном периоде и в Северном Ледовитом океане, и в сопредельных морях Северной Атлантики неоднократно и существенно изменялись глубины бассейна. Это сопровождалось перемещением береговых линий, а также периодической изоляцией двух соседствующих океанов.

Таким образом, оказывается, что четвертичный период не был каким-то исключением, тектонически спокойной эпохой в геологии. Он, как и предыдущие геологические эпохи, ознаменовался крупными и важными по своим географическим последствиям тектоническими событиями. Научные изыскания свидетельствуют, что это был период значительной перестройки рельефа суши и морского дна в некоторых районах, в том числе в Арктике и Северной Атлантике, которая привела к крупным климатическим колебаниям. Такие колебания, неоднократные оледенения, перераспределение суши и моря, изменение рельефа океанического дна и системы морских течений (в частности, в Северной Атлантике и в Северном Ледовитом океане) произошли именно в четвертичный период. И только ими можно объяснить многие современные «географические загадки», например, почему данная фауна характерна только для некоторых замкнутых водоемов или океанических глубоководных котловин.

На основе анализа разнообразных геолого-геоморфологических данных, а также представлений Я. Я. Гаккеля о палеогеографии четвертичного периода, по-видимому, и выкристаллизовалось предположение о недав-

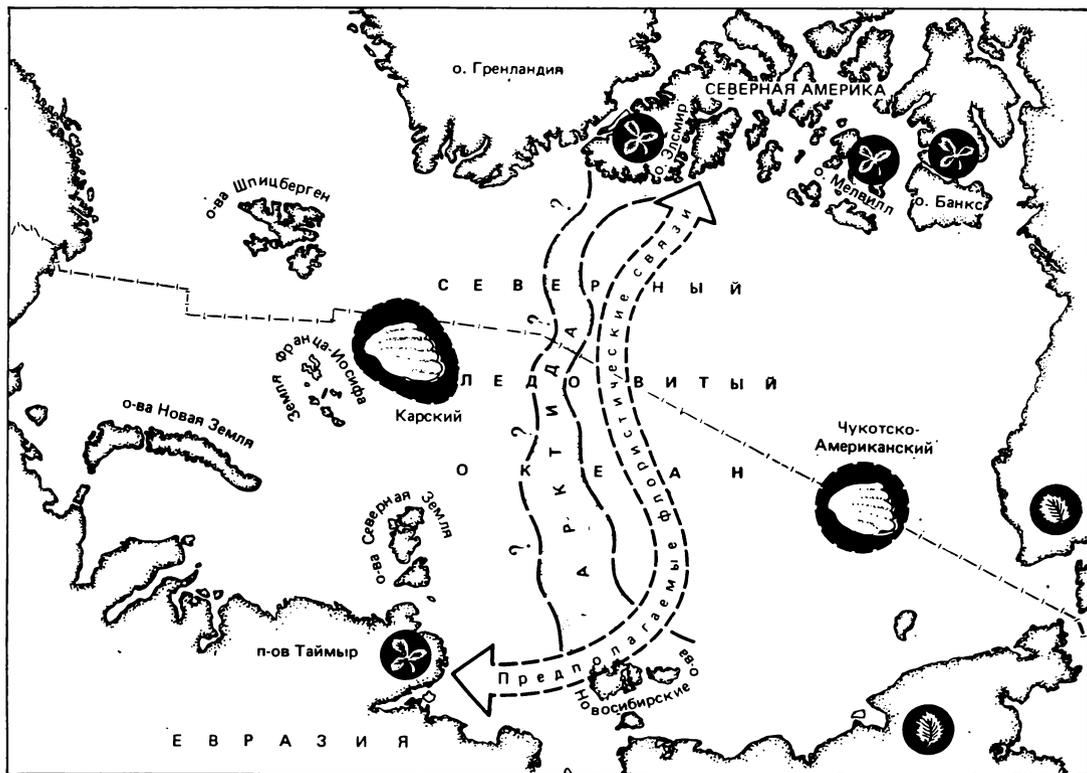
нем существовании Арктиды — своеобразного трансокеанского «моста». На это указывали и собственные геолого-геоморфологические изыскания ученого, и ряд флористических, зоогеографических и гидробиологических данных.

СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ ГИДРОБИОЛОГИЯ

Для доказательства существования Арктиды Я. Я. Гаккель намеревался привести материал гидробиологических исследований. Материал этот дали высокоширотные экспедиции на ледокольном пароходе «Садко» в 1935—1937 годах. Гидробиологами тогда были собраны и обработаны богатые коллекции разнообразных морских беспозвоночных, что позволило сделать совершенно определенное предположение: в геологически недавнее время в океане существовала какая-то перемычка суши, перегораживавшая Арктический бассейн. Ни о каком подводном хребте, который мог бы служить такой перемычкой, в то время, конечно, не знали.

Проведя анализ фауны глубоководных котловин Арктического бассейна, гидробиологи Е. Ф. Гурьянова и К. А. Бродский отметили, что в недавнем геологическом прошлом возможность обмена фауной между приатлантической и притихоокеанской впадинами Арктического бассейна была ограничена, поскольку над водой поднимался гребень какого-то подводного хребта. Он-то и создавал почти непреодолимую преграду для обмена фауны. Примечательно, что вывод этот был сделан в 30-е годы — еще до открытия хребта Ломоносова. Правда, первая публикация появилась гораздо позднее — в 1947 году, но все же раньше первых промеров, положивших начало открытию хребта. Эти очевидные гидробиологические факты служат немалым подспорьем для подтверждения гипотезы Я. Я. Гаккеля об Арктиде. Затем они были дополнены данными, собранными в 1955—1958 годах высокоширотными экспедициями на «Оби» и «Лене» в северной части Гренландского моря и в прилегающей части Арктического бассейна.

Совокупность всех гидробиологических данных свидетельствует о недавней полной изоляции двух районов Северного Ледовитого океана, лежащих по обе стороны от хребта Ломоносова. Не случайно в его пределах сложились два разных центра формирования современной арктической фауны материковой



 «родственные» флористические комплексы
 — центры формирования морской фауны

Схематическое изображение вероятных флористических связей в период существования Арктиды и современное положение фаунистических комплексов

отмели: Карский и Чукотско-Американский. Об этом говорят современные области расселения арктических видов моллюсков, а также рыб и некоторых других позвоночных. Весьма показательна подмеченная Я. Я. Гаккелем разобщенность двух стад моржей, принадлежащих двум разным районам. И эта разобщенность вместе с разным видовым составом бентоса и планктона есть также палеогеографическое следствие существования «сухого моста» через Арктический бассейн.

ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ

В 1935 году в «Трудах Полярной комиссии АН СССР» была опубликована статья А. И. Толмачева, содержащая сравнительный анализ

флоры Таймыра, Чукотки и Канадского Арктического архипелага. Автор пришел к выводу, что недавно существовала прямая трансарктическая флористическая связь между Канадским Арктическим архипелагом и полуостровом Таймыр. Автор аргументированно доказал, что такая связь через территорию Чукотки, то есть через ныне существующую сушу, невозможна. Поскольку флора Канадского Арктического архипелага оказалась больше похожей на флору Таймыра, нежели Чукотки, то А. И. Толмачеву не оставалось ничего другого, как допустить прямую связь между Евразией и Америкой через Арктический бассейн.

В то время он считался единой глубоководной котловиной — хребт Ломоносова еще не был открыт. Не удивительно поэтому, что вывод, на который наталкивали Толмачева бесспорные фактические данные, ему самому казался парадоксальным (именно это слово употребил в своей статье А. И. Толмачев). Тем не менее вывод этот был подтвержден в 1964 году, когда появился более полный научный материал о растительности.

ПТИЦЫ ЛЕТАТ ПО СТАРЫМ МАРШРУТАМ

К числу других биологических свидетельств в пользу существования Арктиды относятся данные о перелетах птиц. Большинство птиц на зиму улетают из Арктики в более южные районы. Замечено, что возвращаясь к местам летнего гнездования и размножения, они обычно придерживаются издавна сложившихся миграционных путей либо летят вдоль островных гряд. Так вот, в Арктике современные маршруты перелетов многих арктических птиц пролегают вдали от побережий, значительно севернее Новосибирских островов и острова Врангеля. Черная казарка, например, летает по «трансарктической» трассе, пересекая Центральную Арктику и ее приполюсную область. В чем же дело? Очевидно, в этом выражается еще не стершееся временем влечение птиц к своим старым, привычным и освоенным когда-то путям перелета, лежащим над сушей. Не доказательство ли это былого существования земной тверди на северо-востоке Азии по соседству с Америкой? Не исключено, что пути перелетов птиц в данном районе связаны с грядой бывших островов, образовывавших Арктиду, к которой примыкали участки внутришельфовой суши на месте исчезнувших земель Санникова и Андреева.

КОГДА СУЩЕСТВОВАЛА АРКТИДА?

На этот вопрос разные специалисты дают более или менее сходные ответы. А. И. Толмачев, например, считает, что трансарктическая связь, обеспечивавшая переселение растений, могла держаться вплоть до послеледникового времени. Морские геологи Н. А. Белов и Н. Н. Лапина полагают: отдельные части хребта Ломоносова и Менделеева могли находиться в надводном положении 16—18 тыс. лет назад когда завершилась перестройка дна Северной Атлантики в зоне впадины Скандик, примыкающей к глубоководной части Северного Ледовитого океана. Гидробиологи К. Н. Несис и Е. Ф. Гурьянова согласны с тем, что хребет Ломоносова мог быть частично в надводном положении еще 2500 лет назад, то есть уже в историческое время. Примерно такие же цифры приводит полярный исследователь М. М. Ермолаев, установивший по океанским осадкам изменения гидрологического режима в некоторых морях Северного Ледовитого

океана. Сам же Я. Я. Гаккель оценивал нижний предел надводного существования хребтов Ломоносова и Менделеева примерно в 100 тыс. лет.

Многих, возможно, разочарует, что Арктида не была страной населенной и в какой-то степени цивилизованной. Если она и существовала, то вряд ли была обитаема, ведь предполагаемое время ее существования относится в основном к ранним этапам формирования и развития человеческого общества. К этому стоит добавить, что природные условия приполюсных пространств тогда могли быть (и даже наверняка были!) еще более суровыми, чем в современную эпоху. Время предполагаемого существования Арктиды совпадает с основными этапами ледникового периода, когда составлявшие ее острова и перешейки, возможно, служили опорами ледниковых куполов и шельфовых ледников, в том числе реконструируемого М. Г. Гросвальдом Панарктического ледникового щита.

Я. Я. Гаккель не закончил своих исследований об Арктиде, и отчасти по этой причине многие положения интересной научной гипотезы до сих пор дискуссионны и проблематичны. И, вероятно, еще долго эта проблема будет вызывать споры. Но несомненно одно: как и всякое другое научное предположение, гипотеза существования Арктиды, конечно, сыграет важную роль в развитии научных представлений об эволюции природы нашей планеты.

А. Г. БАЖЕНОВ
А. П. ЛЕБЕДЕВ



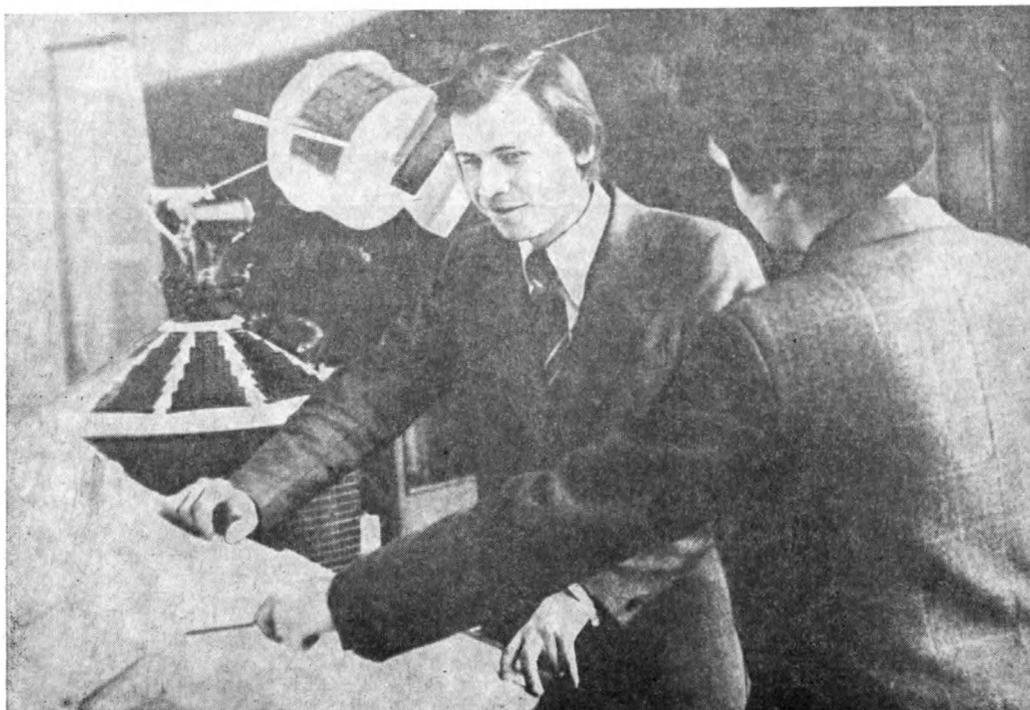
«Искра-1»: оптические наблюдения

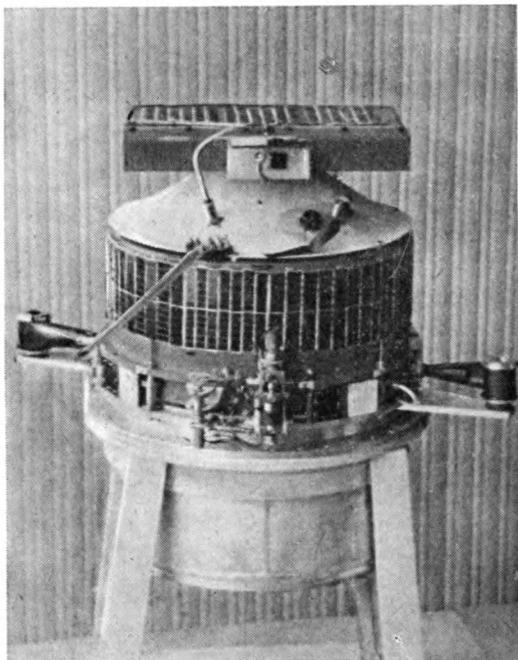
В 1968 году в Московском авиационном институте имени С. Орджоникидзе было организовано студенческое конструкторское бюро (СКБ) «Искра» — первое вузовское космическое КБ — для конструирования малогабаритных искусственных спутников Земли. Научным руководителем стал крупный советский ученый, один из пионеров советского ракетостроения, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии М. К. Тихонравов. Его огромный опыт сыграл решающую роль

Руководитель программы «Искра»
С. Б. Мостинский и начальник СКБ «Искра»
С. В. Дорошев обсуждают рабочий проект
нового спутника

в становлении коллектива. За прошедшие 15 лет студенты сконструировали и изготовили несколько малогабаритных спутников, предназначенных для научно-технических экспериментов и осуществления дальней радиоловительской связи. Из них пять космических аппаратов, весьма различных по конструктивным идеям и решаемым задачам, были выведены в космическое пространство.

На борту всех спутников находились радиопередатчики (используя азбуку Морзе, они выполняли функции радиомаяка и передавали телеметрическую информацию о температуре различных блоков, состоянии батарей питания, освещенности и т. д.); радиоприемники (чтобы можно было управлять спутниками по радио); ретрансляторы (для радиоловительских





Искусственный спутник Земли «Радио-2»

связей в различных диапазонах частот коротких и ультракоротких волн).

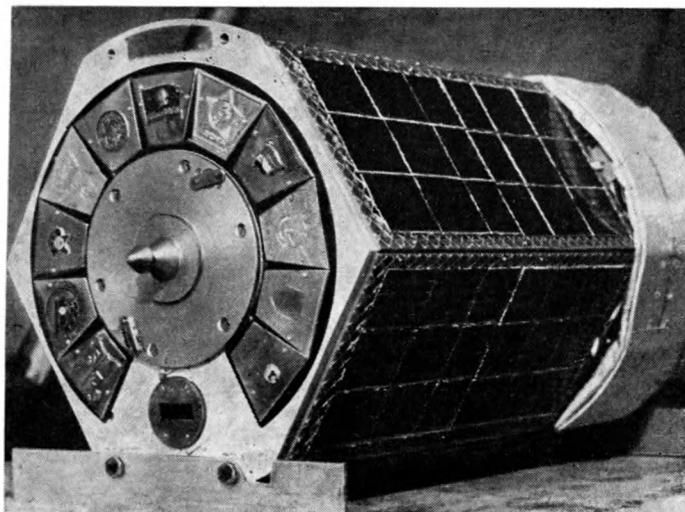
Разработка космической техники в студенческом бюро не самоцель, а творческая форма обучения, подготовка студентов к будущей инженерной деятельности. Здесь каждый может найти себе дело по душе. Конечно, работа в СКБ требует полной отдачи сил, зани-

мает много времени и не должна мешать учебе. Поэтому по тематике СКБ студенты выполняют курсовые и дипломные работы, пишут рефераты, выступают с докладами на студенческих научных конференциях, различных чтениях и симпозиумах. Например, некоторые расчеты по теме данной статьи сделал в качестве студенческой научной работы студент пятого курса В. Г. Петухов.

Но наряду с проблемами проектирования искусственных спутников Земли во время эксплуатации спутников студенты иногда сталкиваются с непредвиденными трудностями. Одна из них возникла после запуска спутника «Искра-1». Необходимо было оперативно уточнить параметры орбиты спутника, чтобы скорректировать время сеансов радиосвязи. Как поступить? Решили воспользоваться известным еще со времени запуска первого советского спутника методом оптических наблюдений.

Проведенные нами оптические наблюдения «Искры-1» показали, что работая с несложной оптической аппаратурой, в частности с трубкой зенитной координатной (ТЗК) и астрономической трубкой (АТ-1), можно уточнять траекторию космического объекта с точностью, достаточной для решения поставленной задачи. Наблюдения проводились в Крыму в августе-сентябре 1981 года на базе Судакской метеорной станции. Очень помогли нам председатель Крымского отделения ВАГО В. В. Мартыненко и председатель Симферопольского общества любителей астрономии С. Я. Жительзейф.

Каковы же методика оптических наблюдений спутников и основные результаты?



«Искра-2» перед отправкой на космодром

Исходные данные для решения поставленной задачи следующие. 1. Элементы орбиты (по сообщению ТАСС): H_a — высота апогея; H_p — высота перигея; i — наклонение орбиты; T — период обращения. Кроме того, необходимо знать день и время старта или время входа спутника в зону радиовидимости. 2. Географические координаты пунктов наблюдения: φ — широта; λ — долгота.

Отождествление и уточнение орбиты проводили в таком порядке: направление движения спутника; видимая угловая скорость $\omega_{ар.}$; период обращения T . Видимая угловая скорость движения объекта для круговой орбиты (считали, что орбита спутника круговая) определяется по известным соотношениям. По рассчитанной траектории движения спутника определялось примерное его время и место прохождения (к востоку или западу от наблюдателя). Оптические инструменты (АТ-1 и ТЗК) устанавливали по звездам (по направлению восток-запад или запад-восток в зависимости от места ожидаемого прохождения) и вели сканирование в вертикальной плоскости. В момент прохождения какого-либо объекта с юга на север через поле зрения инструмента фиксировалось время. Если угловая высота спутника h была меньше 85° , то в момент появления спутника над горизонтом включали первый секундомер, ТЗК или АТ-1 разворачивали, чтобы следить за движением спутника, и в удоб-

ный момент, когда спутник находился ближе к горизонту, опираясь на показания второго секундомера, измеряли видимую угловую скорость $\omega_{ар.}$. Так фиксировалось время пересечения концентрических окружностей, нанесенных на линзу окуляра. Если виток был близок к зениту, то измерение промежутка времени между моментом появления спутника над горизонтом и моментом измерения $\omega_{ар.}$ не проводили. Затем обрабатывали результаты. Первый критерий отождествления (направление полета) удовлетворялся еще при наблюдениях (выбирались только те объекты, которые летели с юга на север, — таковы были особенности орбиты «Искры-1»). Зная зависимость между углами α и h , учитывая $\omega_{ар.}$, определяли скорость обращения спутника вокруг Земли — ω .

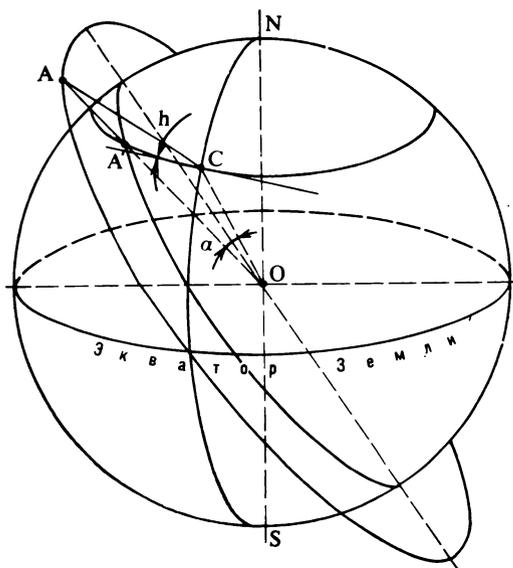
Вычисленная $(\omega_{ар.})_{теор.}$ сравнивалась с $(\omega_{ар.})_{эксп.} \pm \Delta\omega$, где $\Delta\omega$ — погрешность измерения. Учитывались лишь те объекты, для которых $(\omega_{ар.})_{эксп.} - \Delta\omega < (\omega_{ар.})_{теор.} < (\omega_{ар.})_{эксп.} + \Delta\omega$. После чего рассчитывали промежутки времени между последовательными прохождениями этих объектов, и, если промежутки оказывались кратными расчетному периоду обращения спутника «Искра-1», можно было утверждать, что наблюдали один и тот же объект. За 13 сеансов наблюдений в Симферополе и Судак зафиксировано 21 прохождение спутников с юга на север, но только в трех слу-

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТУДЕНЧЕСКИХ СПУТНИКОВ

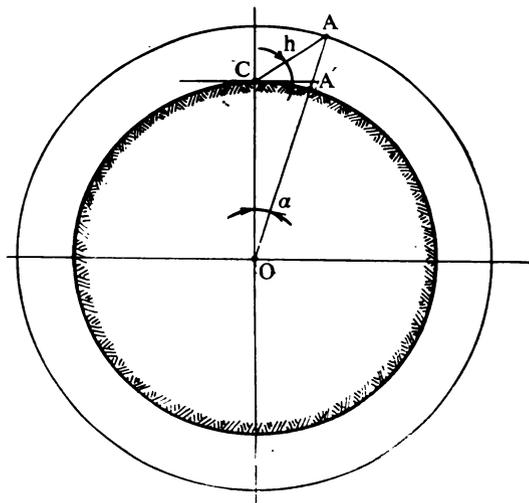
№№ п/п	Дата запуска	Название спутника	Дата прекращения или срок существования	Параметры орбиты				Технические характеристики			Радио-позиной	Звездная величина ²	Примечание
				Апогей, км	Перигей, км	Наклонение, град	Период, мин	Размеры корпуса, мм	Масса, кг	Частота радиомаяка, МГц			
1.	26.10.78	«Радио-1, 2» ¹	15 000 лет	1724	1688	82,6	120,4	480 × ∅ 485	40	29,401	РС	7—8	Выводился на орбиту вместе со спутником «Космос-1045»
2.	10.07.81	«Искра-1»	60 лет	688	611	97,9	97,6	520 × 330 × 270	35	29,65	РК-01	6—8	Выводился на орбиту со спутником «Метеор-Природа»
3.	17.05.82	«Искра-2»	9.VII.82	357	342	51,6	91,3	470 × ∅ 340	23	29,58	РК-02	5—7	Отделен от станции «Салют-7»
4.	18.11.82	«Искра-3»	16.XII.82	365	350	51,6	91,5	470 × ∅ 340	23	29,58	РК-03	5—7	Отделен от станции «Салют-7»

¹ В изготовлении аппаратуры «Радио-1» принимали участие студенты Московского энергетического института.

² Рассчитывалась, исходя из оценки коэффициента отражения спутника.



Положение орбиты спутника в системе географических координат. А — положение спутника в момент его появления над горизонтом, А' — подспутниковая точка, С — точка, из которой проводятся наблюдения, α — центральный угол, h — угловая высота спутника



Положение орбиты в том случае, когда наблюдатель находится в плоскости орбиты спутника

чаях удалось надежно идентифицировать спутник «Искра-1». Важно отметить, что предлагаемая методика проведения оптических измерений на простых астрономических инструментах очень нечувствительна к погрешностям.

Например, ошибка в определении угловой высоты светила, равная 1° , ведет к ошибке в определении угла α , равной $0,01^\circ$, что соответствует ошибке в определении времени радиовидимости спутника 2—3 с.

Процесс измерений скоротечный и требует определенного навыка. Учитывая необходимость дублирования измерений (для объективной оценки), нужны как минимум две пары наблюдателей (один из пары наблюдает, другой фиксирует время и записывает). Выбор места наблюдений — Крым — диктовался в первую очередь хорошими атмосферными условиями, что очень существенно для наблюдений спутников со звездными величинами 7—8 и меньше. Это, конечно, не означает, что в других местах Советского Союза нельзя вести наблюдений за спутниками. Простота и доступность подобных наблюдений делают их возможными в любой школьной астрономической

обсерватории и астрономическом кружке. Поэтому представляется, что школьники — любители астрономии могут принимать участие в наблюдениях студенческих спутников по изложенной методике, исходя из информации сообщения ТАСС. Такие наблюдения, с одной стороны, будут для них прекрасной практикой работы с оптическими приборами, с другой — полученные данные помогут уточнить орбиту студенческого спутника, а следовательно, начало и конец сеансов прямой радиосвязи.

В свою очередь радиолюбители, работая вместе с любителями астрономии, могут гарантированно осуществлять радиосвязь с радиолюбителями нашей и других стран благодаря ретрансляторам студенческих спутников.



Любители астрономии все чаще используют микрокалькуляторы при обработке наблюдений. Однако далеко не каждый любитель знает все возможности своего карманного счетчика. Они познаются лишь в процессе своеобразного практикума — решения разнообразных астрономических задач. Такой практикум ведет в журнале доцент Николаевского педагогического института Ю. А. Белый.

Кандидат физико-математических наук
Ю. А. БЕЛЫЙ

Первое знакомство

С давних времен стремление облегчить обработку данных астрономических наблюдений, решение навигационных задач стимулировало развитие методов и средств вычислений. Логарифмические таблицы, по меткому выражению Лапласа, продлившие астрономам жизнь, сразу же после своего появления были использованы в расчетах эфемерид планет и других небесных тел. Для решения задач мореходной астрономии предназначалась первоначально и логарифмическая шкала — прообраз счетной линейки. Позднее астрономы проводили свои трудоемкие вычисления на механических, затем на электромеханических счетных машинах и, наконец, на электронных вычислительных машинах (ЭВМ) с программным управлением, огромным быстродействием и емкой памятью.

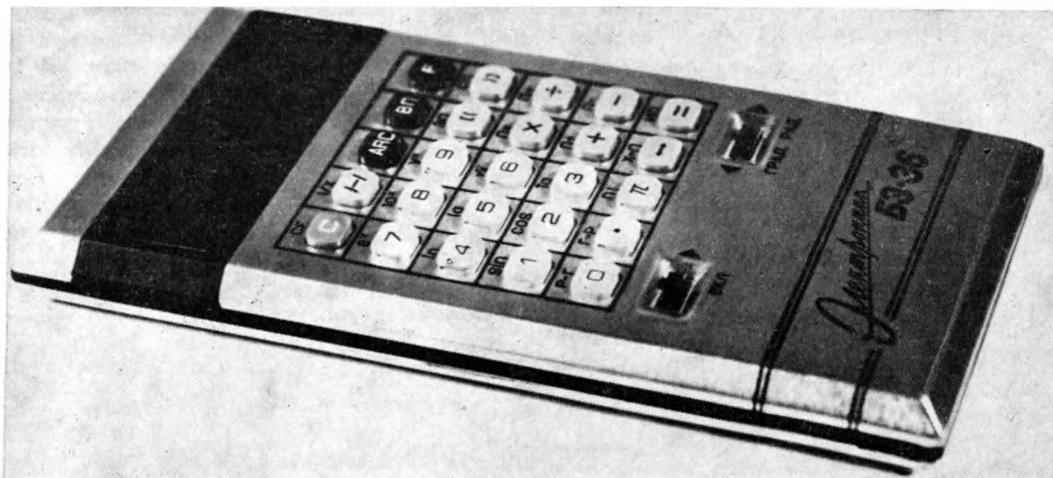
В течение тридцати с лишним лет сменилось несколько поколений ЭВМ. Снижались их габариты, энергоемкость, стоимость и одновременно повышались производительность и надежность. Достижение микроэлектроники — создание больших интегральных схем, миниатюрных устройств, содержащих на плате площадью всего несколько квадратных миллиметров десятки и сотни тысяч безраздельно связанных между собой элементов, которые выполняют роль транзисторов, диодов, конденсаторов, резисторов и соединений, — привело к появлению настольных микроЭВМ с весьма широкими вычислительными возможностями. Но еще до их создания получили распространение малогабаритные вычислительные устрой-

ства на больших интегральных схемах, предназначенные для индивидуального пользования. Настольные модели этих устройств известны сейчас как электронные клавишные вычислительные машины, переносные, карманных размеров — как микрокалькуляторы¹.

По своим функциональным свойствам микрокалькуляторы подразделяются на простые, инженерные и программируемые. Простые предназначены для выполнения обычных арифметических действий, некоторые модели снабжены дополнительными регистрами памяти, могут извлекать корни четной степени и др. В инженерных микрокалькуляторах имеется набор подпрограмм, обеспечивающих вычисление основных элементарных функций, например прямых и обратных тригонометрических функций. Программируемые микрокалькуляторы умеют делать все, что и инженерные, а также ведут вычисления по довольно сложным программам, составленным самим вычислителем.

Для решения астрономических задач более удобны инженерные и программируемые микрокалькуляторы, но в «умелых руках» и простой микрокалькулятор может стать надежным помощником — несложные приемы обеспечи-

¹ Интересно происхождение термина «калькулятор». Еще в античные времена для счета употреблялись камешки из известняка (лат. *calculi* — от *calx* — известняк). Отсюда *calcularе* — бросать камешки, позже «считать», и *calculator* — счетчик, вычислитель.



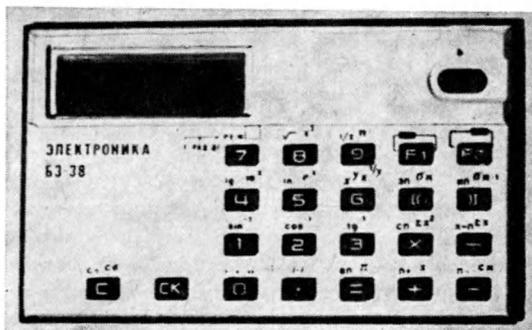
вают и на них вычисление элементарных функций².

В нашей стране производится свыше десяти моделей инженерных микрокалькуляторов марки «Электроника»: СЗ-15, БЗ-18, БЗ-19, БЗ-32, БЗ-35, БЗ-36, БЗ-37, БЗ-38, МК-51, а также три модели программируемых микрокалькуляторов той же марки «Электроника»: БЗ-21, БЗ-34, МК-54. Остановимся на некоторых особенностях инженерных микрокалькуляторов, которые следует учитывать в астрономических вычислениях.

Микрокалькуляторы автоматически определяют и указывают положение десятичной запятой, отделяющей целую часть числа от дробной. При этом используются те же формы представления чисел, что и в ЭВМ, — естественная и с плавающей запятой (экспоненциальная, полулогарифмическая). При естественном представлении десятичная запятая указывается на том месте, на котором она введена оператором или определена результатом выполненной операции. Заметим, что количество разрядов индикатора во всех моделях отечественных микрокалькуляторов — восемь, и лишь в СЗ-15 — десять. Это немало. Восемью разрядами средний радиус Земли (6371,004 км) можно выразить с точностью до дециметров, а десятью — даже до миллиметров. Правда, в некоторых устаревших моделях на десятичную запятую в индикаторе отводит-

Инженерный микрокалькулятор «Электроника» БЗ-36. Имеет 12-разрядный индикатор, в котором значащая часть числа представляется восемью разрядами. При вычислении тригонометрических функций точны первые 5—6 разрядов. Габариты: 145×78,5×15 мм, масса около 200 г

Инженерный микрокалькулятор «Электроника» БЗ-38. Имеет 9-разрядный индикатор. В естественной форме значащая часть числа выражается восемью разрядами, в форме с плавающей запятой — пятью. Кроме обычных для инженерного калькулятора функций вычисляет ряд статистических; аргументы тригонометрических функций могут быть выражены в градусах, радианах и десятичных градах ($90^\circ = 100$ д. г.). Перевод минут и секунд в десятичные доли градуса осуществляется полуавтоматически. Габариты: 91×55×5,5 мм, масса около 50 г



² Об этих приемах см., например, в кн.: Ю. А. Белый. Электронные микрокалькуляторы и техника вычислений. М.: Знание, 1981, с. 29.

ся целый разряд, поэтому дробные числа имеют семь (и даже шесть) значащих цифр, а в отдельных, даже новых моделях инженерных калькуляторов (БЗ-32, БЗ-36) при вычислении тригонометрических и других элементарных функций высвечиваются только пять десятичных знаков, что для астрономических расчетов не всегда достаточно.

Естественное представление чисел не годится, если приходится оперировать данными, в которых все или часть значащих разрядов могут оказаться за пределами индикатора. Как ввести, например, в калькулятор, число 0,0000000376? Что высветится на индикаторе, когда поделим 0,0006737 на 43567? При естественном представлении в обоих случаях на индикаторе не получим ни одной значащей цифры («машинный ноль»).

Выход — в представлении чисел в форме с плавающей запятой, то есть в виде $\pm M \cdot 10^p$, где M — мантисса, состоящая из значащих разрядов числа и представляемая на индикаторе в модифицированном нормализованном виде ($1 \leq M < 10$) со знаком минус, если число отрицательно, а 10^p — множитель, на который следует умножить мантиссу, чтобы получить данное число в естественной форме. При этом вводится и высвечивается в двух последних разрядах индикатора только показатель p (третий справа разряд отводится на знак минус, если показатель отрицателен). Таким способом можно представить числа от $\pm M \cdot 10^{-99}$ до $\pm M \cdot 10^{+99}$. Например, постоянная тяготения, равная $0,000000000066742 \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$ представится как $6,6742 \cdot 10^{-11}$ (на индикаторе 6,6742000 -11), масса Солнца как $1,9891 \cdot 10^{33} \text{ г}$ ($1,9891000 \text{ 33}$). Ввод чисел в этой форме производится так: сначала как обычное число вводится мантисса, затем нажимается клавиша $\boxed{\text{ВП}}$ («Ввод порядка») ³, вводится p и знак минус, если p отрицательно.

Проиллюстрируем действия над числами в форме с плавающей запятой, попытавшись оценить количество атомов в Солнце. Как известно, на Солнце на 1000 атомов водорода с атомной массой 1 приходится 200—250 атомов гелия с атомной массой 4 и не более одного атома других элементов, атомная масса которых в среднем не превышает 50. Следовательно, атомная масса солнечного вещества близка к $(1000 \cdot 1 + 250 \cdot 4 + 1 \cdot 50) : (1000 + 250 + 1) = 1,638689$, если же на 1000 атомов водоро-

да взять 200 атомов гелия, получим 1,499. Отсюда следует, что примерно в 1,6 г солнечного вещества содержится $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов, а во всей массе $1,9891 \cdot 10^{33} \times 6,02 \cdot 10^{23} : 1,6$ атомов.

1.989 ВП 33 X 6.02 ВП 23 = 1.6 = 7.4836125 56.

Здесь и далее, приводя запись последовательности действий на микрокалькуляторе, обозначения на клавишах будем заключать в прямоугольные рамки, вводимые многорядные числа — в параллелограммы, высвеченный на индикаторе результат подчеркивать. Итак, Солнце состоит примерно из $7,5 \cdot 10^{16}$ атомов.

Во всех инженерных и программируемых калькуляторах (как и во многих простых моделях) кроме основных регистров оперативных запоминающих устройств, в которых размещаются операнды — компоненты выполняемых в данный момент операций (регистр индикатора, или регистр X и рабочий регистр, или регистр Y), имеются также дополнительные регистры памяти. В них хранятся промежуточные данные, необходимые для дальнейших вычислений. У большинства моделей инженерных микрокалькуляторов один дополнительный регистр памяти, в СЗ-15 — два, а программируемых — свыше десяти. Есть три разновидности дополнительных регистров памяти — простые, сальдирующие и адресуемые, или пронумерованные (в программируемых микрокалькуляторах, а также в инженерном СЗ-15). Простые сохраняют содержимое регистра индикатора, если нажата клавиша $\boxed{\text{ЗАП}}$ (в БЗ-32 — $\boxed{\text{STO}}$), и возвращают его в регистр индикатора, когда нажимается клавиша $\boxed{\text{ВП}}$ ($\boxed{\text{RCL}}$), причем в дополнительном регистре памяти хранится копия этого числа. Над числом в сальдирующем регистре памяти можно совершать те или иные действия. Микрокалькуляторы с сальдирующими регистрами памяти снабжены клавишами $\boxed{\text{п+}}$, а в некоторых моделях также $\boxed{\text{п-}}$, $\boxed{\text{пх}}$, $\boxed{\text{п÷}}$. Нажав клавишу $\boxed{\text{п+}}$, содержимое регистра индикатора прибавим к содержимому дополнительного регистра памяти, а нажав клавиши $\boxed{\text{п-}}$, $\boxed{\text{пх}}$, $\boxed{\text{п÷}}$, содержимое регистра памяти соответственно вычтем, умножим или разделим на содержимое регистра индикатора. Результат этого действия будет храниться в до-

³ В модели БЗ-32 эта клавиша имеет обозначение $\boxed{\text{EEX}}$.

полнительном регистре памяти. В некоторых моделях микрокалькуляторов с помощью дополнительных регистров памяти можно найти сумму квадратов чисел (клавиша $\boxed{\overline{m+x^2}}$), а также поменять местами содержимое дополнительного регистра памяти и регистра индикатора (клавиша $\boxed{\overline{m\leftrightarrow x}}$). Для работы с адресуемыми, или пронумерованными, регистрами памяти следует набрать номер регистра.

Чтобы проводить вычисления на микрокалькуляторах, важно научиться использовать константную автоматiku. Она помогает ускорить выполнение серии однотипных операций, в которых операндом выступает одно и то же число — его достаточно ввести лишь однажды. Тем самым экономится время на ввод данных, сокращается количество нажимаемых клавиш, а значит, уменьшается вероятность ошибок при вводе. В некоторых моделях микрокалькуляторов константой во всех операциях служит первый операнд, в других — второй, в одних случаях константная автоматика распространяется на все четыре арифметические операции, в других — только на действия умножения и деления. С особенностями константной автоматiki вашего микрокалькулятора можно ознакомиться в заводской инструкции.

В большинстве моделей инженерных микрокалькуляторов количество выполняемых операций (включая вычисление элементарных функций) значительно превышает количество клавиш ввода, которые можно разместить на лицевой панели микрокалькулятора. Поэтому всем клавишам или их части поручаются две (а в некоторых моделях, например БЗ-38, даже три) операции. Чтобы выполнить операцию, совмещаемую с основной, нужно предварительно нажать клавишу «совмещенной функции» \boxed{F} (или $\boxed{F_1}$ и $\boxed{F_2}$ в БЗ-38).

Только у модели СЗ-15 каждая из 36 клавиш выполняет одну операцию.

В дальнейшем, приводя последовательность нажатия клавиш при работе с микрокалькулятором, мы будем для совмещенных операций после ввода аргумента приводить изображение клавиши \boxed{F} и за ней в квадратных скобках надклавишное обозначение соответствующей операции. Например, $\boxed{30,518} \boxed{F} \boxed{[\sin]}$ предписывает нахождение $\sin 30,518^\circ$.

Демонстрацию возможностей инженерного калькулятора в астрономических расчетах начнем с определения углового расстояния между двумя небесными объектами — звездами Арктур (α Волопаса) и Спика (α Девы). Согласно

теореме косинусов для сферического треугольника, это расстояние d равно:

$$d = \arccos [(\sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \times \cos (\alpha_1 - \alpha_2))],$$

где α_1 и α_2 — прямые восхождения, а δ_1 и δ_2 — склонения звезд. В таблице 27 Постоянной части Астрономического календаря (М.: Наука, 1981) найдем прямое восхождение и склонение этих звезд на эпоху 1975, а также годовые изменения координат $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$:

α Волопаса

$$\alpha_1 = 14^h 14^m 31,2^s; \Delta\alpha_1 = +2,74^s$$

$$\delta_1 = 19^\circ 18' 43''; \Delta\delta_1 = -18,7''$$

α Девы

$$\alpha_2 = 13^h 23^m 52,4^s; \Delta\alpha_2 = +3,16^s$$

$$\delta_2 = -11^\circ 01' 53''; \Delta\delta_2 = -18,7''.$$

С учетом изменения координат за 9 лет для 1984 года получаем:

α Волопаса

$$\alpha_1 = 14^h 14^m 55,86^s; \delta_1 = 19^\circ 15' 54,7''$$

α Девы

$$\alpha_2 = 13^h 24^m 20,84^s; \delta_2 = -11^\circ 04' 41,3''.$$

Выразим минуты и секунды в десятичных долях градуса (часа), для чего число секунд разделим на 60, прибавим к результату число минут, снова разделим на 60 и к полученному прибавим число градусов (часов), то есть выполним расчет по следующей схеме:

$$\left(\frac{y^s}{60} + \beta'\right) : 60 + \alpha^\circ = \alpha^\circ, \dots$$

Кроме того, α_1 и α_2 переведем в градусную меру, умножив на 15. В нашем случае $\alpha_1 = 213,73275^\circ$; $\alpha_2 = 201,08683^\circ$; $\delta_1 = 19,265195^\circ$; $\delta_2 = -11,078139^\circ$.

Последовательность вычислений на микрокалькуляторе соответствующего углового расстояния между данными двумя звездами можно представить так:

$$\boxed{\alpha_1} \boxed{-} \boxed{\alpha_2} \boxed{=} \boxed{F} \boxed{[\cos]} \boxed{3\Delta\Pi} \boxed{\delta_1} \boxed{F} \boxed{[\cos]} \boxed{x} \boxed{\Pi\Pi} \boxed{=} \boxed{3\Delta\Pi}$$

$$\boxed{\delta_2} \boxed{F} \boxed{[\cos]} \boxed{x} \boxed{\Pi\Pi} \boxed{=} \rightarrow A \text{ (записать!)} \boxed{\delta_1} \boxed{F} \boxed{[\sin]} \boxed{3\Delta\Pi}$$

$$\boxed{\delta_2} \boxed{F} \boxed{[\sin]} \boxed{x} \boxed{\Pi\Pi} \boxed{=} \boxed{+} \boxed{A} \boxed{=} \boxed{F} \boxed{[\arccos]} \rightarrow d^\circ$$

В результате вычисления получим $\cos d = 0,84054055$; $d = 32,802759^\circ = 32^\circ 48' 10''$ (с точностью до $1''$).

Как видим, одно из промежуточных значений — $A = \cos \delta_1 \cdot \cos \delta_2 \cdot \cos (\alpha_1 - \alpha_2)$ пришлось записать отдельно: одного регистра памяти недостаточно для хранения всех данных промежуточных вычислений. У микрокалькулятора СЗ-15 два дополнительных регистра памяти, но, прежде чем начинать вычисления на нем, пришлось бы перевести исходные данные в радианную меру.

Применяя ту или иную модель микрокалькулятора, читатель заметит, что обозначения

на клавишах и над ними могут различаться. У одних микрокалькуляторов, например, клавиша $[\cos^{-1}]$ обозначается $[\arccos]$, клавиша $[\Delta\pi]$ заменена на $[\pi+]$, в некоторых моделях для нахождения обратных тригонометрических функций следует нажать клавишу $[\text{ARC}]$ и т. д.

Определять угловое расстояние между двумя объектами приходится не только в астрономии, но и в навигации, прокладывая курс морских судов и самолетов. Кратчайшее расстояние между двумя точками на поверхности земного шара — дуга большого круга, проходящего через эти точки (ортодромия). Эта дуга рассчитывается по той же формуле, что и угловое расстояние между звездами. Исходные данные — географические координаты пунктов отправления (λ_1, φ_1) и назначения (λ_2, φ_2) судна или самолета.

Подобные вычисления с использованием семизначных математических таблиц заняли бы примерно в 10 раз больше времени, чем на микрокалькуляторе, даже на получение грубо приближенного трехзначного результата с помощью логарифмической линейки потребова-

лось бы примерно втрое больше времени, чем на ввод соответствующих данных (операндов и операторов) в микрокалькуляторе. Сами вычисления на микрокалькуляторе займут совсем немного времени и не потребуют особого напряжения.

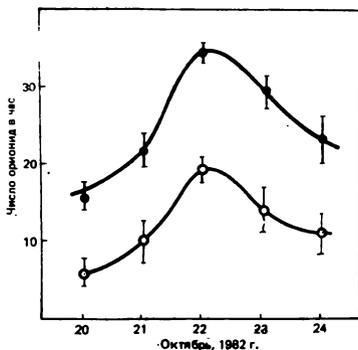
Основная литература:

1. М. И. Петров. Технично-экономические расчеты на электронной микромашине «Электроника БЗ-18». М.: Статистика, 1979.
2. Я. К. Трохименко, Ф. Д. Любич. Инженерные расчеты на микрокалькуляторах. Киев: Техніка, 1980.
3. В. Гильде, З. Альтрихтер. С микрокалькулятором в руках. М.: Мир, 1980.
4. Ю. А. Белый. Электронные микрокалькуляторы и техника вычислений. М.: Знание, 1981.
5. М. И. Петров. Техника вычислений на микрокалькуляторе «Электроника БЗ-19». М.: Финансы и статистика, 1981.
6. Г. Кройль. Что умеет мой микрокалькулятор? М.: Мир, 1981.
7. А. Чакань. Что умеет карманная ЭВМ. М.: Радио и связь, 1982.
8. П. Даффет-Смит. Практическая астрономия с калькулятором. М.: Мир, 1982.
9. Ю. А. Белый. Считающая микроэлектроника. М.: Наука, 1983.

Наблюдения Орионид в 1982 году

С 1982 года крымские любители астрономии начали активное изучение метеорных потоков, связанных с кометой Галлея, — майских Акварид и октябрьских Орионид (Земля и Вселенная, 1983, № 3, с. 66. — *Ред.*).

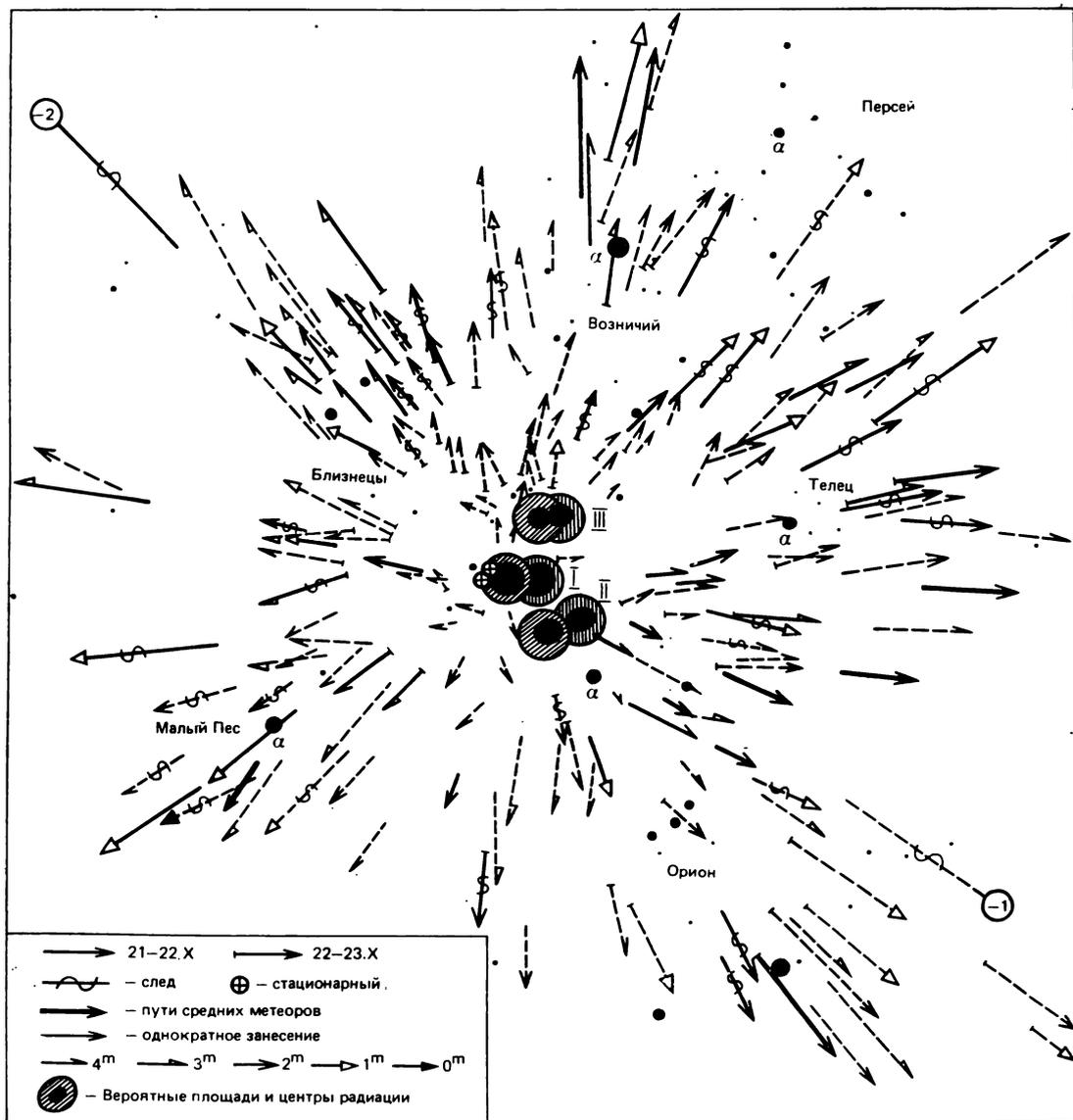
Ориониды — красивый поток осеннего неба: быстрые метеоры вылетают из радианта на границе созвездий Ориона и Близнецов. Геоцентрическая скорость частиц роя Орионид равна 66 км/с, поэтому ориониды белого цвета и оставляют за собой красивые молочно-белые следы. Как известно, для характеристики активности метеорного потока используются часовые числа, определенные одним наблюдателем,



Изменение активности Орионид 20—24 октября 1982 года. Максимальное число метеоров наблюдалось 21—22 октября. График построен по данным наблюдателей в Симферополе и Судак. Верхняя кривая отражает ход активности по средним групповым зенитным числам метеоров ярче 5^m, нижняя — по средним часовым зенитным числам метеоров для одного наблюдателя

причем учитывается высота радианта над горизонтом (чем выше радиант, тем плотнее поток). Земля погружается в рой кометы Галлея не глубоко, поэтому часовые числа потока, видимого на небе, незначительны: от 10 до 45 в разные годы.

Какими же были часовые числа Орионид за 5 лет до встречи с кометой-родоначальницей? Для ответа на этот вопрос крымские любители астрономии из Симферополя, Судак, Алушты и Нижнегорска организовали систематическое слежение за потоком с 18 по 24 октября 1982 года. В этих пунктах за 42 часа чистого времени наблюдений 18 наблюдателей зарегистрировали 1319 метеоров, из которых 654 принадлежали Орионидам. Результаты обработки



Радянты Орионид, определенные наблюдателями Симферополя 21—22 и 22—23 октября 1982 года. Вероятно, существуют три радианта (I, II, III) около звезд γ и η Близнецов и μ Ориона

наблюдений показывают, что в 1982 году активность потока остается нормальной, и часо-

вые числа сравнительно невелики. В Судаче и Симферополе 22 октября между 23 ч 30 мин и 01 ч 50 мин Всемирного времени среднее часовое число орионид равнялось 22. Отдельные наблюдатели в эту ночь насчитывали до 26 орионид в час. Много метеоров было и в следующую ночь 22—23 октября: среднее число около 21, максимальное — до 28. Для поиска момента максимума Орио-

нид использовались более надежные часовые числа, средние для нескольких наблюдателей. Возможно, максимум Орионид приходился на 00—06 час Всемирного времени 22 октября. Интересно, что часовые числа сильно изменялись в течение ночи. Много орионид было и 22—23 октября, когда наблюдался вторичный максимум (среднее часовое число метеоров — 21).

Как распределялись метеоры по блеску (звездным величинам)? Наблюдения в Судаке и Симферополе показывают, что число более слабых метеоров потока (каждой следующей звездной величины) в среднем растет примерно в 2,5—2,6 раза.

Благодаря коллективным наблюдениям одной и той же области неба удалось получить 65 средних путей орионид на небесной сфере и найти положение радиантов потока. Точно определить координаты радианта помогла также регистрация очень коротких (самых близких к радианту) метеоров и таких редких явлений, как стационарные метеоры (летающие на наблюдателя). Метеорный поток Орионид, вероятно, имеет главный радиант (его координаты: 22 октября 1982 года — прямое восхождение $\alpha=92,5^\circ$, склонение $\delta=15,8^\circ$, 23 октября — $\alpha=95,5^\circ$, $\delta=15,3^\circ$) и два побочных (координаты первого: 22 октября 1982 года — $\alpha=86,2^\circ$, $\delta=13^\circ$, 23 октября — $\alpha=90,5^\circ$, $\delta=12^\circ$; координаты второго: 22 октября — $\alpha=88,5^\circ$, $\delta=21^\circ$, 23 октября — $\alpha=91,5^\circ$, $\delta=20^\circ$). Подавляющее большинство метеоров вылетело из главного радианта.

**Заведующий Крымской метеорной станцией ВАГО
В. В. МАРТЫНЕНКО**

**Инспектор Крымской метеорной станции ВАГО
А. С. ЛЕВИНА**



ПО ВЫСТАВКАМ
И МУЗЕЯМ

**Директор Мемориального музея
космонавтики
З. И. КОСТРИКИНА**

Экскурсия в космос

С 1981 года работает один из самых молодых музеев страны — Мемориальный музей космонавтики. Более 250 тыс. посетителей принял он за это время. Проведено более 8,5 тыс. экскурсий для жителей столицы, гостей из различных городов нашей страны, а также из многих стран мира.

Музей размещен в стилизованной части монумента, воздвигнутого в Москве в 1964 году в ознаменование выдающихся достижений советского народа в освоении космического пространства (авторы проекта архитекторы М. Барц и А. Колчин, скульптор А. Файдыш-Крандиевский). Одним из инициаторов создания памятника и организации в нем музея был Сергей Павлович Королев. Он участвовал в выборе места для строительства, ему же принадлежит идея заполнить обелиск из «крылатого» металла — титана.

Выставка развернута в трех залах музея — вводном (он же вестибюль), экспозиционном и кинозале. Авторы экспозиции старались лаконично и убедительно показать достижения советской космонавтики за четвертьвековую историю, максимально использовать документальные кинокадры, фото- и фонодокументы. Художественное решение экспозиции подчинено главной задаче — помочь посетителю почувствовать загадочный и тревожный

мир космоса, величие разума и свершений человека.

Во вводном зале музея представлены выполненные художником Б. Старисом медали с портретами основоположника теоретической космонавтики К. Э. Циолковского, академика С. П. Королева, первого в мире космонавта Ю. А. Гагарина, а также медаль, посвященная первым советским ракетным организациям — Газодинамической лаборатории (ГДЛ), Группе изучения реактивного движения (ГИРД) и Реактивному научно-исследовательскому институту (РНИИ). В шаровых витринах выставлены флаги СССР и других стран, представители которых летали вместе с советскими космонавтами в космическое пространство.

Семь разделов главного экспозиционного зала (площадь его более 800 м²) посвящены следующим темам: «Первый искусственный спутник Земли», «Первый полет человека в космос», «Исследование Луны», «Исследование планет Солнечной системы», «Спутники служат человеку» («Космос — народному хозяйству»), «Международное сотрудничество в космосе», «Пилотируемые полеты».

В экспозиции зала представлены подлинные аппараты, бывавшие в космосе, технологические дубликаты аппаратов, не вернувшихся на Землю,

и дубликаты космических аппаратов, на которых перед полетом отработывались различные операции.

Особый интерес представляют, конечно, скафандры летчиков-космонавтов СССР Ю. А. Гагарина, А. А. Леонова, О. Г. Макарова, спускаемый аппарат космического корабля «Союз-37», на котором вер-

нулись на Землю летчики-космонавты СССР Л. И. Попов и В. В. Рюмин, возвращаемый аппарат станции «Луна-16», доставивший на Землю образцы лунного грунта (часть этих образцов также хранится в нашем музее), катапультируемый контейнер с кабиной для животных второго советского корабля-спутника. В нем совер-

шили космическое путешествие собаки Белка и Стрелка. В этом же разделе личные вещи космонавтов, реликвии, побывавшие в космосе.

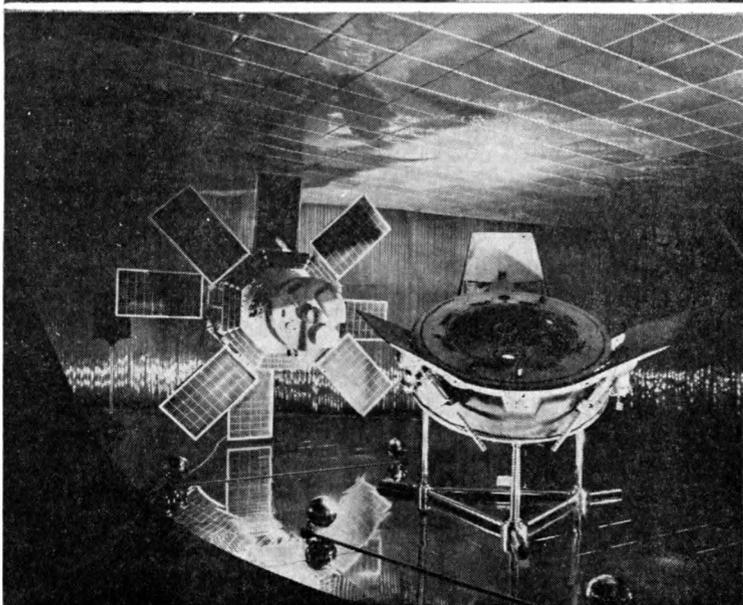
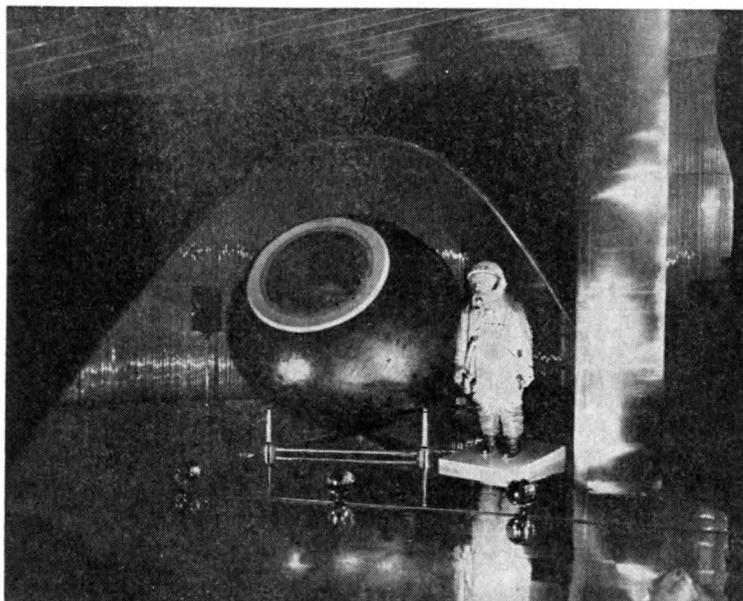
Среди экспонатов есть дубликаты «Лунохода-1», шлюзовой камеры космического корабля «Восход», на которых ученые, инженеры, космонавты работали на Земле.

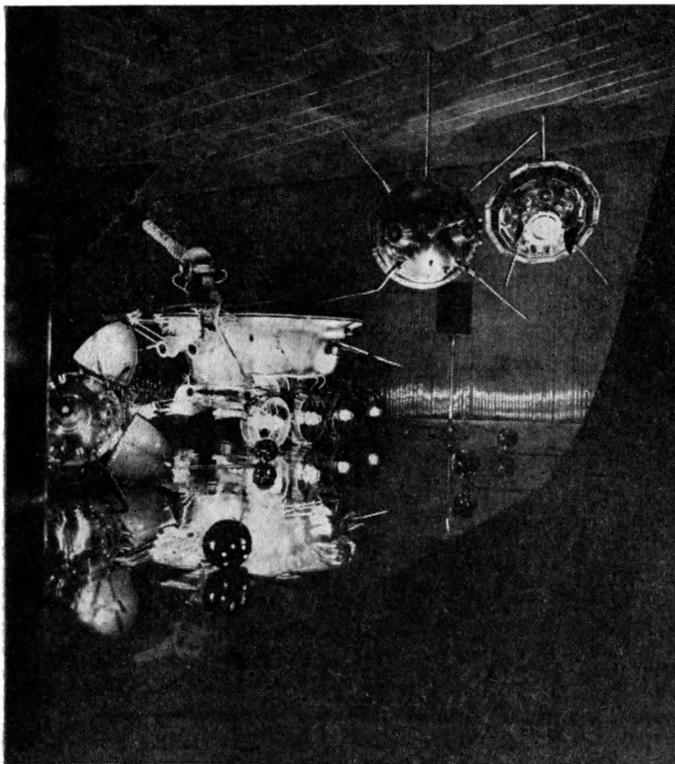
В экспозиции представлены и производственные дубликаты первого искусственного спутника Земли, станций «Луна-1», «Луна-3», «Луна-9», «Венера-4» и других. На больших телевизионных экранах демонстрируется фильм, показывающий много документальных фотографий, кинокадров и фонозаписей и воссоздающий героические страницы космического подвига советских ученых, конструкторов, инженеров, рабочих, космонавтов.

Активно восприятию способствует «космическая» атмосфера экспозиционного зала. Ее создают и темно-синий ковер, и скульптурно-архитектурная композиция, включающая фигуру космонавта, сферу «Знаки Зодиака» на фоне цветного мерцающего витража «Космос», и подиумы из полированной стали, потолок из алюминия и стены из стеклянных трубок, создающих впе-

Спускаемый аппарат космического корабля «Восток» (производственная копия) и космический скафандр Ю. А. Гагарина (подлинник)

Андрогинно-периферийный стыковочный агрегат космического корабля «Союз» (справа), использовавшийся для стыковки с американским кораблем «Аполлон», и спутник «Интеркосмос-1» (производственные копии)



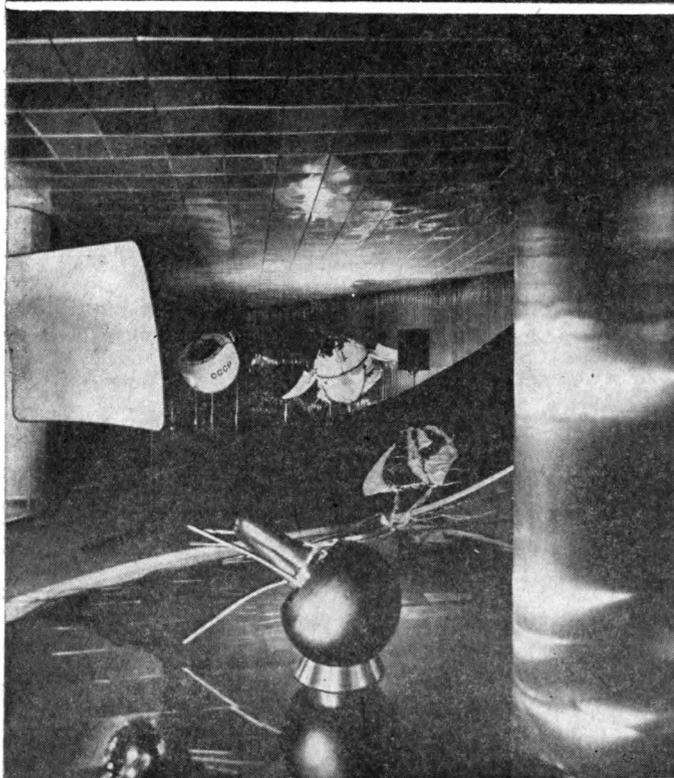


**Автоматические станции
«Луна-1, -3, -9»
и «Луноход-1»
(производственные копии)**

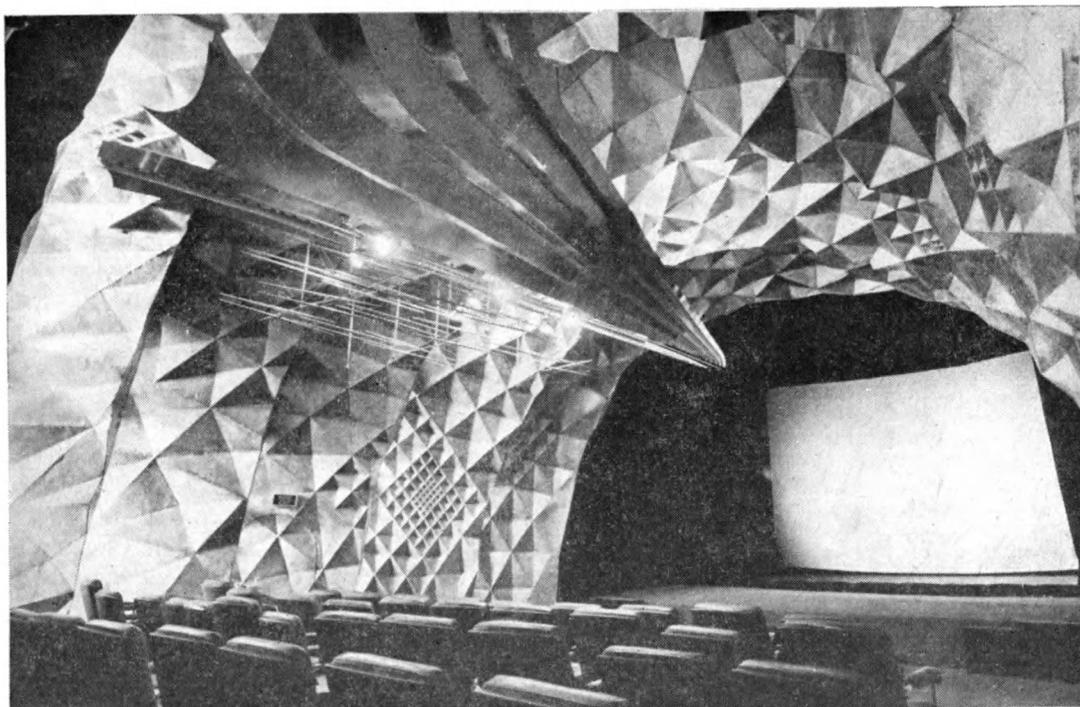
чатление бездонного космоса, в котором парят космические аппараты.

Ознакомившись с памятниками советской космонавтики, посетители музея попадают в кинозал, где смотрят цветомузыкальную программу «Полет в космос». Кинозал музея оформлен в виде кабины фантастического космического корабля с огромным экраном — иллюминатором, дающим возможность «заглянуть в космос». Здесь демонстрируются слайды, снятые космическими фотоаппаратами.

Вот несколько отзывов посетителей о сегодняшнем музее. «Мы побывали в космосе!!! Сердечное спасибо за экскурсию в страну чудес! Все, что мы видели, произвело на нас огромное впечатление, свое восхищение мы можем выразить словами глубокой благодарности за сказочность и чудо музея...» (По поручению земляков К. Э. Циолковского М. Драгун 30.05.82 г.). «Посетив этот уникальный музей, невольно проникаешься чувством законной гордости за свой народ, за свою Родину, за советскую науку...» (Директор школы из Якутской АССР Ф. М. Решилова. 26.09.81 г.). «...Спасибо создателям музея и его сотрудникам. Это хорошая память всем



**Спускаемые аппараты станций
«Венера-4»,
«Марс-3» и возвращаемый
аппарат
станции «Луна-16»
с парашютной
системой (производственные
копии)**



Интерьер кинозала

штурмующим космическое пространство. Музей сыграет большую роль в деле патриотического воспитания молодежи» (Инженер-испытатель из Байконура К. А. Молчанов. 8.09.81 г.).

Музей ведет большую научную и массово-просветительскую работу. Особенно хочется рассказать о создании передвижных и стационарных выставок. Кроме передвижных фотодокументальных выставок («Достижения советской космонавтики», «Академик С. П. Королев», «Наш Гагарин» и т. д.) в 1982 году к 60-летию образования Союза Советских Социалистических Республик была подготовлена выставка «СССР — космическая держава», основанная на подлинных памятниках истории советской космонавтики. Эта выставка с декабря 1982 года демонстрировалась в Эчмиадзине Армян-

ской ССР, а затем в Баку. учреждения Москвы и Под-В дальнейшем ее увидят в городах Украины и Прибалтики. В 1983 году совместно с Политехническим музеем и Всесоюзным обществом охраны природы музей организовал в Москве выставку «Космос и охрана природы», на которой помимо фотографий, документов, произведений изобразительного искусства были представлены производственные копии космических аппаратов (Земля и Вселенная, 1983, № 5, с. 44.— Ред.).

В Калининграде вместе с Союзом художников СССР и Калининградским областным историко-художественным музеем создана выставка «Космос в изобразительном искусстве». На ней демонстрируется около 400 произведений живописи, скульптуры, графики, плаката, декоративно-прикладного искусства.

Музей организует выезды с лекциями на предприятия и в

учреждения Москвы и Под-московья, на агитпоездах ЦК ВЛКСМ на БАМ, в Сибирь, Нечерноземье. Большим успехом у рабочих и служащих Москвы и области пользуются вечера, проводимые музеем совместно с Федерацией космонавтики СССР в крупных кинотеатрах Москвы: «Россия», «Космос», «Звездный», «Арктика». Вечера посвящаются знаменательным датам в истории космонавтики и различным темам, например: «Космос и искусство», «Север и космос». Здесь выступают ученые, рабочие, космонавты, деятели культуры и искусства. Только в 1982 году было проведено 17 таких встреч.

Фонды музея насчитывают сейчас около 30 тыс. предметов и регулярно пополняются. Только в последние годы в музей поступили новые материалы о С. П. Королеве, Н. А. Пилюгине, М. В. Келдыше,

Ю. А. Гагарине, А. А. Леонове, Г. Т. Береговом и многих других видных деятелях космонавтики. Это позволит создавать новые экспозиции и выставки.

Сейчас коллектив работает над совершенствованием сценарного показа основной экс-

позиции, что повлечет за собой включение новых материалов в экспозицию и телефильмы, более совершенную работу со светом.

Музей вместе с рядом организаций Госкино СССР и Московским электротехническим институтом связи гото-

вит к показу новую экспериментальную кинослайдмузыкальную программу. Работа эта трудоемкая и необычная по своему содержанию, но мы надеемся, что в конце 1983 года она будет завершена.

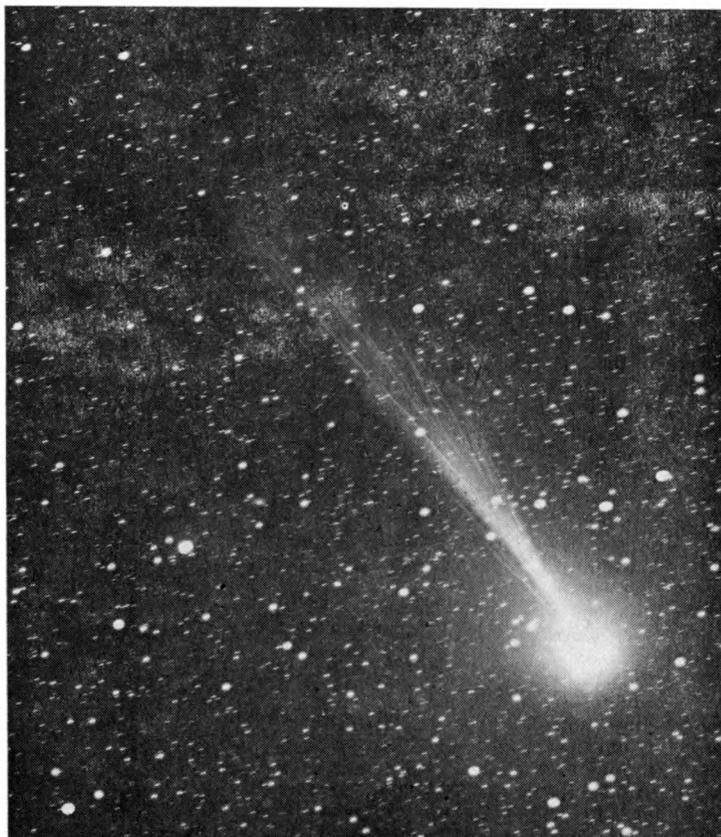


ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

Тов. Г. В. Локинова (г. Новосибирск) хотела бы, чтобы на страницах «Земли и Вселенной» выступил кто-нибудь из людей, открывших комету, и рассказал, как было дело. Ниже редакция публикует воспоминания доктора физико-математических наук Г. А. ТЕВЗАДЗЕ, награжденного за открытие кометы медалью Тихоокеанского астрономического общества.

Желание открыть комету у меня возникло еще в бытность мою в аспирантуре Пулковской обсерватории (1937—1940 гг.). Директор этой обсерватории академик С. И. Белявский охотно и с большой гордостью рассказывал нам об открытии новых комет и малых планет в Симеизе, где он раньше работал. Защитив после окончания аспирантуры кандидатскую диссертацию, я в 1941 году вернулся в Абастуманскую астрофизическую обсерваторию АН ГССР.

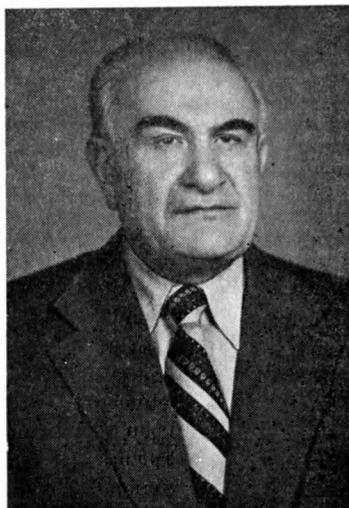
В план моей работы входили наблюдения за малыми плане-



Комета Уиллпа — Федтне — Тевзадзе 1943 г.
Снимок получен Г. А. Тевзадзе 1 марта 1943 года на 40-сантиметровом астрографе Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГССР

тами, и я имел возможность искать новые кометы. Для этого двумя 8-дюймовыми фотокамерами 16-дюймового рефрактора я часто дополнительно фотографировал разные области неба.

В ночь с 14 на 15 декабря 1942 года я сфотографировал



Профессор, заслуженный
 деятель науки ГССР
 Г. А. Тевзадзе (1983 г.).

Медаль (лицевая
 и оборотная стороны),
 полученная Г. А. Тевзадзе
 от Тихоокеанского
 астрономического общества



участок неба в созвездии Рака и полученные фотопластины проявил рано утром. На одной из них я заметил изображение неизвестного объекта. К счастью, в ту ночь небо было ясное, и я подряд несколько раз сфотографировал интересовавшие меня участки неба. Анализ полученных фотопластинок убедил меня в том, что это было изображение кометы 9-й звездной величины. Однако следовало убедиться, что это — новая комета. В то время в обсерватории работали только три кандидата наук: Е. К. Харадзе, М. А. Вашакидзе и я. Ни один из нас не имел опыта открытия новых небесных тел. К счастью, в то время в обсерватории находился академик Г. А. Шайн. Я сообщил ему о своем открытии и попросил о помощи. В итоге мы установили: да, эта комета — новая. Тогда я направил в Казань, где находилось Бюро астрономических сообщений, первую телеграмму об открытии, но, как впоследствии выяснилось, телеграмма эта пропала.

Я с еще большим старанием наблюдал за новой кометой и продолжал поиски других комет. В ночь с 25 на 26 декабря 1942 года на пластинке я обнаружил в созвездии Тельца неизвестное светило 10-й звездной величины. Оно также оказалось новой кометой. На сей раз от имени обсерватории в Казань пошли телеграммы об открытии сразу двух новых комет. В то время Бюро астрономических сообщений возглавлял профессор Д. Я. Мартынов, который немедленно опубликовал все данные об этих кометах в «Астрономическом циркуляре». Открытую 15 декабря 1942 года комету Д. Я. Мартынов назвал «комета 1942g Тевзадзе 2», а комету, открытую 26 декабря того же

года, — «комета 1942f Тевзадзе 1».

Комета 1942g Тевзадзе 2 (окончательное обозначение 1943 I) быстро приближалась к Солнцу и с каждым днем меняла свой внешний вид и яркость. На наших глазах у нее вырос огромный хвост, и уже в январе 1943 года она стала 4-й звездной величины. Теперь ее видели невооруженным глазом. Я наблюдал комету до конца июля 1943 года, выполнив большой ряд фотометрических наблюдений и получив много фотографий. Известный специалист по небесной механике профессор А. Д. Дубяго на основании советских наблюдений вычислил орбиту этой кометы. Ее период оказался равным 2274 годам. После окончания войны выяснилось, что комету 1943 I раньше меня обнаружили Ф. Уиппл в США и К. Федтке в Германии. Поэтому окончательное наименование этой кометы: комета Уиппла — Федтке — Тевзадзе 1943 I.

Комета 1942f Тевзадзе 1 (1942 IX) была видна только в телескоп. По расчетам А. Д. Дубяго, период этой кометы определяется 39 годами. (После войны было установлено, что Г. А. Тевзадзе независимо от других открыл периодическую комету Стефана — Отерма в ее втором появлении. В 1980 году, в третьем появлении эту комету наблюдали многие советские и зарубежные астрономы. — Ред.). Теперь ее следует ожидать в 2020 году. За открытие этой кометы Тихоокеанское астрономическое общество наградило меня медалью и нагрудным значком. Такую медаль вручали в то время всем первооткрывателям комет.



Космические исследования и паранаука

В последнее время в различных массовых изданиях стали появляться публикации, научный уровень которых низок, и потому они могут создать у читателей искаженное представление о перспективах космических исследований.

Мы не против публикации смелых идей и гипотез, не получивших пока экспериментального подтверждения. Однако новая физическая идея или новое инженерное решение проблемы оказываются по-настоящему ценными только в том случае, когда они подкреплены хотя бы ориентировочными расчетами или по крайней мере не противоречат элементарным научным представлениям. К сожалению, в ряде последних публикаций эти очевидные требования не соблюдены.

Особенно часто авторов подобных публикаций привлекают энергетические и двигательные установки ракет-носителей и космических аппаратов. Интерес к этой теме понятен: совершенствование энергодвигательных установок во многом определяет развитие ракетно-космической техники. Как же предлагают решать эти вопросы некоторые авторы?

В статье В. Ковалья¹ выдвигается гипотеза: Луну доставили к Земле в память о своем визите космические пришельцы, для чего переместили наш естественный спутник то ли с орбиты между Марсом и Юпи-

тером, то ли «позаимствовали» у планет-гигантов. Вот как описывает автор «технологии» перемещения этого космического объекта. Вначале его надо слегка притормозить, «чтобы он начал приближаться к Солнцу по эллиптической орбите, а около Земли тормознуть его еще раз, чтобы с эллиптической перевести на круговую и плавно ошвартовать к Земле». До чего просто! Попробуем все же с цифрами в руках разобраться, что скрывается за этой словесной лихостью. Нетрудно оценить затраты энергии на «космическое путешествие» такого массивного объекта, как Луна,— это примерно 10^{31} Дж. Столько энергии наша Земля получает от Солнца за несколько миллионов лет! Но, по мнению В. Ковалья, «задача эта не особенно трудная», стоит лишь «овладеть тайнами гравитации». Если В. Коваль понимает под «тайнами» теорию гравитации, то такая теория в современной физике есть — общая теория относительности. Если же под «тайнами гравитации» подразумеваются некие новые возможности создания тяговых систем космических аппаратов, то эти возможности уже анализировались в литературе². Физической основой таких двигателей может послужить, например, эффект испускания квантов гравитационного поля — гравитонов — при аннигиляции частиц и античастиц. Правда, возможность указанного эффекта пока чисто гипотетиче-

ская, кроме того, для ее реализации потребуется разработать достаточно надежный и экономичный способ получения и хранения антивещества. И, пока физики не сделают этого, перемещение Луны, которое В. Коваль представляет «не особенно трудной задачей», не имеет под собой решительно никаких физических оснований.

Иные небрежности характерны для проекта инженера А. Юницкого³. Он предлагает окружить земной шар по экватору эстакадой. Внутри нее вдоль свободно подвешенной ленты возникает бегущее магнитное поле. Когда скорость ленты, разогнанной магнитным полем, превысит первую космическую, все кольцеобразное сооружение взлетит с эстакады в космос. Общая масса транспортного средства 1,6 млрд. т, грузоподъемность — 200 млн. т, за один рейс в путешествие смогут отправиться 200 млн. человек! А число рейсов — 200 в год... Но посмотрим более внимательно, что скрывается за столь впечатляющими цифрами.

При коэффициенте полезного действия ускорителя бегущей волны 10% (это завышенная оценка) энергозатраты за один рейс составят $5 \cdot 10^{20}$ Дж, а при 200 рейсах в год — 10^{23} Дж, что всего в 10 раз меньше энергии, получаемой Землей от Солнца, и в 100 раз больше энергии, которую, согласно прогнозам, человечест-

¹ В. Коваль. Памятник на тысячелетия? — В кн.: Загадки звездных островов. М.: Молодая гвардия, 1982, с. 154.

² В. П. Бурдаков, Ю. И. Данилов, Внешние ресурсы и космонавтика. М.: Атомиздат, 1976.

³ А. Юницкий. В космос на колесе. — Техника — молодежи, 1982, № 6, с. 34.

во будет производить в 2020 году. Для обеспечения полета потребуются создать накопители энергии, масса которых по самым скромным оценкам — 10^{12} — 10^{13} т. **Информация к размышлению:** все разведанные запасы руд черных и цветных металлов на земном шаре составляют $5 \cdot 10^{11}$ т. Таким образом, для осуществления подобно проекту человечеству не хватит ни вещества, ни энергии. Приведенные оценки несложны, и, прежде чем выносить свои явно скороспелые предложения на суд обществу, А. Юницкому следовало бы произвести эти расчеты самому.

Но есть, оказывается, горячие головы, которым даже такие проекты представляются слишком скромными. Обратимся снова к сборнику «Загадки звездных островов». Составители уделили много внимания перспективам космической энергетики. Сборник даже заканчивается утверждением: «на ночном небосводе ярко загорятся новые созвездия — энергетические спутники Земли». Как их «зажечь»? На с. 188 помещен очерк А. Валентинова «Чем живут звезды?», где рассказывается об опытах Н. А. Козырева, направленных на получение энергии... из времени. С опытами Козырева ученые давно разобрались, соответствующие исследования были проведены, в частности, в Институте проблем механики АН СССР.

Сущность опытов Козырева, коротко говоря, состоит в следующем: если к гироскопу, установленному на чашке весов, подсоединить электровибратор, то вес прибора может измениться. По Н. А. Козыреву, наблюдаемый эффект объясняется возникновением дополнительных сил, обусловленных превращением времени в энергию.

Исследования показали, что этот эффект, как и некоторые другие, подобные ему, имеет вполне естественное объяснение⁴. Здесь проявляется либо влияние вибраций на чувствительные элементы — призмы

весов, либо взаимодействие магнитного момента гироскопа с магнитным полем Земли (эффект Барнета). Как будто бы все ясно: устоев физики поколебать не удалось, и оснований для особых сенсаций нет. Но такое положение не устраивает А. Валентинова. «Мы живем в жестко детерминированном времени — движемся от прошлого к будущему, — рассуждает он. — У нас причины всегда опережают следствия (в микромире бывает наоборот, но там и время может течь в другую сторону). Но между причиной и следствием обязательно остается какой-то, пусть даже ничтожный, промежуток — они не могут занимать одно и то же место. И в какой-то точке пространства происходит поворот — прошлое переходит в будущее, причина превращается в следствие. Но не мгновенно, а с конечной скоростью, Скорость эта — течение, или ход, времени».

Прошу извинить за длинную цитату, но мне хотелось, чтобы читатель смог оценить в подлиннике красоты логики, с помощью которой авторы иных сочинений берутся доказывать, в сущности, что угодно.

Между тем волны этой «логики» продолжают катиться по страницам «Загадок звездных островов», открывая изумленным читателям все новые «истины»: в звездах нет никаких источников энергии, они черпают ее прямо из времени, во Вселенной через время происходит постоянный круговорот вещества и энергии... Все это тем более печально, что «Загадки звездных островов» — не рядовое издание: оно посвящено 25-летию запуска первого искусственного спутника Земли, обращено к массовому читателю и на его страницах помещены статьи многих серьезных инженеров и исследователей.

Но если уж изумлять, так изумлять! Знаете ли Вы, что могут существовать «звуковые» волны, которые пересекают всю Вселенную за одни сутки? И что волны эти распространяются в мировом эфире, теорию которого предложил кандидат технических наук В. А. Ацюковский, опираясь

на «опыт общих философско-методологических соображений»⁵ Заодно этот автор «построил модели почти всех элементарных частиц» и опроверг теорию относительности — ведь его «звук» распространяется со скоростью, на двенадцать порядков превышающей скорость света! Как говорится, тут уже ни убавить, ни прибавить...

Перейдем к другой проблеме космических исследований, которая наряду с энергетикой занимает любителей околонучных сенсаций, — проблеме множественности обитаемых миров. Пусть не подумает читатель, что ученым эта тема безразлична. Вот каким образом великий немецкий астроном И. Кеплер сразу после того, как Галилей открыл спутники Юпитера⁶, пытался обосновать существование на Юпитере разумных обитателей. «Кому выгодно, — писал он, — если на Юпитере нет никого, кто мог бы своими глазами с восхищением наблюдать все это разнообразие?... Ясно, что четыре новые планеты, несомненно, сотворены не столько для нас, обитателей Земли, сколько для живых существ на Юпитере, расселившихся по всему его шару».

Любопытно, между прочим, обратить внимание на сходство кеплеровских аргументов с обоснованием антропного принципа: Вселенная «должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допущалось существование наблюдателей»⁷.

Аргументация Кеплера совсем не так наивна, как может сейчас показаться. Он предполагал двумя доводами, по его мнению, бесспорными: верой в PROVIDENCE, ведущее

⁵ Где доложить интересную гипотезу? — Техника — молодежи, 1983, № 5, с. 50

⁶ И. Кеплер. О шестиугольных снежинках. М.: Наука, 1982, с. 62.

⁷ Б. Картер. Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии. — В кн.: Космология — теории и наблюдения. М.: Наука, 1978, с. 369.

⁴ Н. В. Гулиа. Инерция. М.: Наука, 1982, с. 144.

человечество по дороге познания, и верой в астрологию, согласно представлениям которой одно из назначений звезд и планет — оказывать влияние на разумные существа. Авторы современных «доказательств» существования разумной жизни вне Земли не могут, конечно, опираться на подобную аргументацию. Интерес, каковой питают к этой теме читатели и редакции ряда изданий, никак не избавляет авторов от необходимости опираться на общепринятую в настоящее время методологию научных исследований, а она включает в себя, в частности, требование тщательно и критически анализировать любую новую гипотезу.

На деле нередко получается иное. У Земли есть спутник Луна? Его откуда-то привезли на память нам инопланетяне! Распределение космических лучей по энергии подчиняется степенному закону? Космические лучи — продукт деятельности внеземных цивилизаций!⁸

Это — в космосе. Но, пользуясь той же методикой, можно поискать «следы» инопланетян и на Земле. Три с половиной тысячи лет назад по неизвестным причинам погиб древнеиндийский город Мохенджо Даро. Картина разрушений напоминает последствия атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки!⁹ Да что там бомбардировка — в руки ученых попал целый труп инопланетянина, корабль которого потерпел аварию над США!¹⁰ 500 фотографий!!! На руках по четыре пальца, рот без зубов и без языка, нет ни ушей, ни носа, а глазные впадины расположены по бокам головы... И в ту же минуту по улицам курьеры, курьеры, курьеры... можете представить себе, тридцать пять тысяч одних курьеров!... Впрочем, — спохватыва-



КНИЖКА
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

ются авторы заметки, видимо, почувствовав, что их занесло слишком далеко, — разгадка тайны скрыта за семью печатями где-то в секретных архивах военного ведомства США...

Есть и другое направление поисков посещений Земли инопланетянами — так называемая «палеоастронавтика», или «палеовизитология». Представители этого направления стараются найти доказательства таких визитов, изучая природные явления, памятники материальной культуры или старинные мифы и предания. Один из серьезных исследователей указанной проблемы с горечью констатирует: «К сожалению, сенсационность, которая с самого начала сопровождала тему „космического палеоконтакта“, привлекла к ней дилетантов — людей, обладающих большим энтузиазмом, но очень несистематическими знаниями. Суждения пока гипотетические они рассматривали как почти достоверные, что привело к весьма плачевным результатам: сама тема приобрела несомненную одиозность в глазах ученых»¹¹.

Впрочем, подобные предупреждения мало повлияли на тех, кому хотелось желаемое принимать за действительное. Вот один из последних примеров — работы французов М. Гриоля и Ж. Дитерлена, посвященные тайным преданиям африканского племени догонов¹². Если

верить этим сообщениям, догоны знали, что небесные тела делятся на звезды, планеты и их спутники. Согласно преданиям, Сириус — тройная звезда (это особенно привлекло внимание энтузиастов: второй спутник Сириуса пока не открыт). Знали догоны и то, что Сириус В — звезда белого цвета (белый карлик!), а период его обращения по орбите — 50 лет (50,04 года!). И многое другое, позволяющее предположить: был некто, от кого невежественные догоны получили столь удивительные сведения. Тем более, что в их легендах прямо упоминается некий Йуругу, который прибыл именно с Сириуса.

Впрочем, предания догонов содержат много и других необычных сведений. Вот еще одно: семена тыквы и щавеля «перед тем, как попасть на Землю, легли на край Млечного пути» и «проросли во всех мирах Вселенной»¹³. Комментаторы в некотором смущении заявляют по поводу этих слов: в отличие от сообщений о Сириусе, фразу не следует понимать буквально. А, собственно, почему?

Наряду с изучением мифологии сторонники «палеоконтакта» пробуют обосновать свою точку зрения, привлекая сведения о параметрах планет Солнечной системы, о таинственных связях, существующих между этими параметрами и некоторыми простыми числами... Например, приводятся¹⁴ соотношения вроде следующего:

$$\frac{c}{Л} = 100 \frac{e}{\pi},$$

где c — скорость света в км/с, $Л$ — диаметр Луны в километрах, e — основание натуральных логарифмов, π — число π . Авторы подобных «находок» задают вопрос: не закодированы ли и тут сообщения инопланетян? «Как, право, того: совсем не поймешь природы, как побольше в нее углубишься!» — мыслил в свое время

⁸ Г. А. Скоробогатов. Внеземные цивилизации обнаружены? — Химия и жизнь, 1982, № 12, с. 118.

⁹ Эврика, М.: Молодая гвардия, 1982, с. 44.

¹⁰ Тайна одной катастрофы. — В кн.: Загадки звездных островов. М.: Молодая гвардия, 1982, с. 186.

¹¹ И. С. Лисевич. Древние мифы глазами человека космической эры. — В кн.: Проблема поиска внеземных цивилизаций. М.: Наука, 1981, с. 68.

¹² В. Рубцов, Ю. Морозов. Сириус, которого мы не знаем. — Техника — молодежи, 1978, № 1, с. 54; А. Архипов. Наблюдали ли догоны спутник Сириуса? — Техника — молодежи, 1981, № 1, с. 59.

¹³ А. Паннекук. История астрономии. М.: Наука, 1966, с. 113.

¹⁴ Луна — тест на внимание. — Техника — молодежи, 1981, № 8, с. 27.

обыватель Кифа Мокиевич, описанный в поэме Н. В. Гоголя «Мертвые души». К чести Кифы Мокиевича следует заметить: он не стремился располагать результаты своих умозрительных занятий на страницах популярных изданий.

И в самом деле, бедные инопланетяне, чего только о них не пишут! Хорош код: слева размерная величина (кстати, почему километры, а скажем, не мили; нельзя ли отсюда заключить, что «инопланетяне» предпочитают метрическую систему мер?), справа — безразмерная. Да и левая часть «равенства» отличается от правой на 0,4%! Любителям подобных расчетов напомним: сто лет назад член Лондонского королевского общества астроном Ч. Смит опубликовал книгу, в которой доказывал, что пирамида Хеопса — вовсе не гробница, а «таинственный, инспирированный богом компендиум мер и весов».

Любителям искать повсюду «зашифрованные коды», оставленные инопланетянами, полезно напомнить еще одну поучительную историю. Когда в 1610 году Галилей в изобретенный им телескоп впервые наблюдал кольцо Сатурна, он для закрепления своего приоритета дал такое сообщение: «Высочайшую планету тройною наблюдал» (в подлиннике на латинском языке). Но по обычаю того времени перевел в тексте буквы и превратил его в анаграмму. И. Кеплер, которому не терпелось поскорее разгадать секрет нового открытия, не пожалел времени и сил на расшифровку. Вот что у него получилось из того же набора букв: «Привет вам, близнецы, щитоносное Марсово племя». Кеплер поспешил: спутники Марса были открыты А. Холлом только в 1877 году!

Исследование и освоение космического пространства — благородное и нужное человечеству дело. Публикации, подобные тем, о которых шла речь, могут создать у читателей-неспециалистов впечатление, что в космосе возможно все, а если что-то еще и не сделано, то виновата в этом исключительно косная «официальная» наука. У тех же, кто

почувствует слабость аргументации «энтузиастов» от науки, может сложиться пренебрежительное отношение к космическим исследованиям вообще. Нет нужды разъяснять, что плохо и то, и другое. Решить проблему можно — необходи-

мо поднять требовательность к публикуемым материалам, посвященным исследованиям космоса и адресованным широкому кругу читателей.

Новые книги

О времени и долготе

В 1983 году издательство «Мир» выпустило книгу руководителя отдела навигации и астрономии Британского Национального морского музея Дерека Хауза «Гринвичское время и открытие долготы» (перевод с англ. М. И. Малышева под редакцией В. В. Нестерова). Редактор перевода в своем предисловии к книге отмечает, что наша отечественная научно-популярная литература на эту тему невелика, и выражает надежду, что перевод на русский язык книги Д. Хауза привлечет внимание советского читателя.

Краткое вступление к книге написал директор Гринвичской обсерватории профессор Грэхем Смит, подчеркнувший, что, хотя научные интересы обсерватории сместились в область астрофизики, «обсерватория законно гордится тем, что она и сегодня продолжает оставаться источником радиосигналов среднего гринвичского времени».

Книга рассказывает о том, как гринвичское время, которым триста лет назад пользовались несколько сотен человек, стало всемирным. Что же касается измерения долготы, то еще великий Гиппарх во

II в. до н. э. высказал идею астрономического метода определения этой географической координаты, но точное определение долготы было осуществлено на суше лишь в середине XVII в., а в открытом море — в 70-х годах XVIII в. Основные семь глав своей книги автор назвал так: «Познание долготы: 300 г. до н. э.—1675 н. э.», «Гринвичское время для астрономов: 1675—1720 гг.», «Гринвичское время для навигаторов: 1700—1840 гг.», «Гринвичское время для Великобритании: 1825—1880 гг.», «Нулевой меридиан: 1790—1884 гг.», «Гринвичское время для всего мира: 1834—1939 гг.», «Часы, более точные, чем Земля». Самостоятельный интерес для многих представят приложения к книге, в которых изложены различные методы определения долготы и времени, рассказывается о механических и электрических часах Гринвичской обсерватории и современных точных часах (кварцевых и атомных).

Книга написана популярно, хорошо иллюстрирована и адресована читателям, интересующимся историей науки и техники.

Земля и Вселенная

• ЯНВАРЬ • ФЕВРАЛЬ • **1/84**

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

Редакционная коллегия
Главный редактор

доктор физико-математических наук

Д. Я. МАРТЫНОВ

Зам. главного редактора

член-корреспондент АН СССР

Ю. Д. БУЛАНЖЕ

Зам. главного редактора

кандидат педагогических наук

Е. П. ЛЕВИТАН

Член-корреспондент АН СССР

Г. А. АВСЮК

Доктор географических наук

А. А. АКСЕНОВ

Кандидат физико-математических наук

В. А. БРОНШТЭН

Доктор юридических наук

В. С. ВЕРЕЩЕТИН

Кандидат технических наук

Ю. Н. ГЛАЗКОВ

Доктор технических наук

А. А. 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

Академик

А. А. МИХАЙЛОВ

Доктор физико-математических наук

Г. С. НАРИМАНОВ

Доктор физико-математических наук

А. В. НИКОЛАЕВ

Доктор физико-математических наук

И. Д. НОВИКОВ

Доктор физико-математических наук

К. Ф. ОГОРОДНИКОВ

Доктор физико-математических наук

Г. Н. ПЕТРОВА

Доктор физико-математических наук

М. А. ПЕТРОСЯНЦ

Доктор геолого-минералогических наук

Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ

Доктор физико-математических наук

В. В. РАДЗИЕВСКИЙ

Доктор физико-математических наук

Ю. А. РЯБОВ

Кандидат технических наук

Г. М. ТАМКОВИЧ

Доктор физико-математических наук

Г. М. ТОВМАСЯН

Доктор технических наук

К. П. ФЕОКТИСТОВ

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

Телефоны: 227-02-45, 227-07-45

Художественный редактор **Л. Я. Ш и м к и н а**

Корректоры: **В. А. Е р м о л а е в а**, **Л. М. Ф е д о р о в а**

Номер оформили: **А. Г. Калашникова**, **А. Н. Ковзлев**, **В. Г. Роганов**, **Е. К. Тенчурина**

Сдано в набор 18.10.83. Подписано к печати 16.12.83. Т-24103.

Формат бумаги 70×100¹/₁₆. Высокая печать

Усл.-печ. л. 7,74. Уч.-изд. л. 10,2. Усл. кр.-отт. 407,1 тыс. Бум. л. 3.

Тираж 40 725 экз. Заказ 3275. Цена 65 коп

Издательство «Наука», 117864, ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., д. 90

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



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“
ЦЕНА 65 КОП.
ИНДЕКС 70336

Земля и Вселенная

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА ●

1/84