



4 1983 **ЗЕМЛЯ**
И
ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Предотвратить угрозу ядерной войны в космосе!

ОТВЕТ Ю. В. АНДРОПОВА

на обращение группы американских ученых и общественных деятелей

Уважаемые господа,
ваше обращение о запрещении космического оружия проникнуто серьезной озабоченностью о мирном будущем космоса. Полностью разделяю эту озабоченность. Предотвращение милитаризации космического пространства — одна из первоочередных проблем, стоящих перед человечеством, и от того, будет ли она решена, зависит многое здесь, на земле.

Как ученые и специалисты вы хорошо представляете себе исключительно опасные последствия насыщения космического пространства смертоносным оружием. Государственные деятели, политики и ученые действительно должны уже сейчас сделать все возможное, чтобы достижения человеческого разума, ускоряющийся прогресс науки и техники не были использованы во вред людям.

Хотел бы подчеркнуть, что именно Советский Союз — страна, которая 25 лет назад открыла дорогу в космос, является инициатором и участником всех ныне действующих международных соглашений, направленных на то, чтобы космос использовался только в мирных целях, на благо человечества.

С тем, чтобы радикально решить эту задачу, Советский Союз, как вам, полагаю, известно, предложил заключить Договор о запрещении размещения в космическом пространстве оружия любого рода. Проект такого договора был представлен нами в Организацию Объединенных Наций еще в августе 1981 года. Претворение в жизнь этого советского предложения, в поддержку которого проголосовало подавляющее большинство государств — членов ООН, означало бы, что попыткам превра-

тить космос в источник смертельной опасности для людей был бы поставлен надежный барьер.

К сожалению, работа над проектом подобного договора в Комитете по разоружению до сих пор по существу не начата ввиду позиции США и ряда других государств НАТО. Более того, события последнего времени показывают, что в стратегических расчетах США, в том числе объявленных на уровне высшего американского руководства, использованию военной космической техники отводится все возрастающая роль.

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 и в космос.

Могу вас заверить, что Советский Союз будет и далее прилагать максимум усилий, чтобы зловещие планы перенесения гонки вооружений в космос не стали реальностью.

Хотелось бы надеяться, что ученые и общественные деятели всего мира также внесут свой вклад в то, 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.

Желаю вам успехов в усилиях по защите мирного космоса, усилиях, которые в Советском Союзе полностью поддерживают.

С уважением

Ю. АНДРОПОВ

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

4 ИЮЛЬ
АВГУСТ
1983

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

Котельников В. А.— На орбите «Астрон»	2
Ксанфомалити Л. В.— Атмосфера и поверхность Венеры	4
Лейкин Г. А.— Как образуются и исчезают кратеры	12
Соловьев С. Л.— Сейсмологические измерения на океанском дне	16
Данилов А. Д.— Аэрономия сегодня	21
Брыков А. В.— Космическая баллистика и управление полетом	27
Никольский Г. М.— Цикличность солнечной активности	31
Любимова Е. А.— Термическая история Земли	37

ЛЮДИ НАУКИ

Баландин Р. К.— Владимир Иванович Вернадский	42
Верещетин В. С., Рутковский В. Ю., Судзиловский Н. Б.— Борис Николаевич Петров	48

НАШИ ИНТЕРВЬЮ

Геофизики о своей профессии	53
---------------------------------------	----

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Изаков М. Н.— Происхождение инертных газов в планетных атмосферах	56
---	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Буткевич А. В.— Юбилейные торжества ВАГО в Риге	60
---	----

ФАНТАСТИКА

Биленкин Д. А.— Зажги свет в доме своем	62
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Симоненко А. Н., Хотинюк Р. Л.— Метеоры и комета Галлея	66
Бронштэн В. А.— Лауреаты поощрительных премий ВАГО 1982 года	72

ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО ЛУНЕ

Шевченко В. В.— Океан Бурь	74
--------------------------------------	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Гросвальд М. Г.— Оледенения в истории Земли	76
Владимиров Ю. С.— «Большой взрыв»	77
Никонов А. А.— Связь подземных вод и землетрясений	79

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Высокая награда ученому [3]; Есть ли горячие короны у галактик? [11]; Рентгеновские источники в шаровых скоплениях [11]; Советский научный проект МАССА начался [26]; Межзвездные молекулярные облака [30]; Международное сравнение гравиметрических приборов [41]; Новые книги [47, 55, 59, 65, 73, 75]; Из воспоминаний о Борисе Николаевиче Петрове [52]; Необычный максимум Персеид [69]; Книги 1984 года [78].

Обложку оформил А. Н. Ковалев к рассказу Д. А. Биленкина.



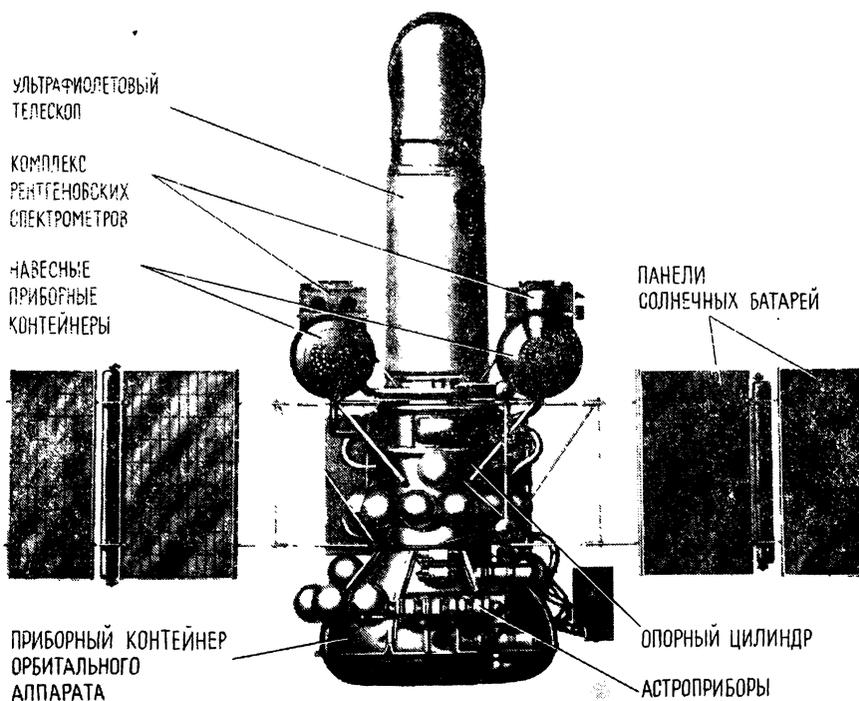
На орбите «Астрон»

23 марта 1983 года в СССР на орбиту искусственного спутника Земли была успешно выведена автоматическая станция «Астрон». На ее борту установлены ультрафиолетовый телескоп и комплекс рентгеновских спектрометров для исследования галактических и внегалактических источников электромагнитного излучения. Инструмент, предназначенный для

изучения ультрафиолетовых спектров космических объектов, представляет собой двужеркальный телескоп, построенный по оптической схеме Ричи—Кретьена. Диаметр главного зеркала 80 см, фокусное расстояние всей системы 8 м. Главное и вторич-

ное (диаметр 26 см) гиперболические зеркала сделаны из ситалла со специальным покрытием. Многоканальный сканирующий спектрометр, предназначенный для работы в области длин волн 1050—3500 Å, установлен в фокальной плоскости за главным зеркалом. Там же расположены датчики, следящие за положением звезд на щели спектрометра.

Общий вид станции «Астрон»



Ультрафиолетовое излучение в избранных участках электромагнитного спектра регистрируется фотоэлектрическим способом. Предполагается, что разработанная программа наблюдений позволит получить информацию об ультрафиолетовых спектрах объектов, например таких, как горячие звезды. Их исследование может привести, в частности, к пониманию причин звездной нестационарности. Вопросы, связанные с наблюдением межзвездной среды (определение химического состава, оценка общей массы, динамика процессов и поиски особых состояний) также можно решить с помощью ультрафиолетовых наблюдений.

Резонансные линии большинства атомов и ионов расположены в ультрафиолетовой области. Именно поэтому при исследовании элементов с малым содержанием атомов или ионов, находящихся в особых условиях, очень важны наблюдения в ультрафиолетовой области.

Исследование галактик, в особенности нестационарности их ядер, имеет большое значение для космогонии галактик. Огромное количество энергии в ядрах галактик выделяется в основном в коротковолновой области, вот почему и в данной проблеме ультрафиолетовые наблюдения играют ключевую роль.

Для отождествления объектов на небесной сфере вне трубы основного телескопа установлен малый телескоп с объективом диаметром 0,2 м и фокусным расстоянием 1 м. Оптическая ось этого прибора параллельна оси основного телескопа. Поле зрения камеры $1 \times 1^\circ$. Изображение отождествляемого участка передается по радиотракту на наземные пункты.

Сильно вытянутая орбита станции «Астрон» (высота в перигее 2000 км, в апогее 200 тыс. км) выбрана для того, чтобы избежать влияния частиц высоких энергий, заключенных в радиационных поясах, которые резко увеличивают ток фотоумножителей, а это практически не позволяет осуществлять эксперимент. Кроме того, поскольку в процессе отождествления наблюдаемого участка небесной сферы при перенацеливании телеско-

па участвуют наземные наблюдатели, необходима продолжительная видимость спутника.

Спустя некоторое время после выведения станции на заданную орбиту система управления ориентацией переводит аппарат в режим постоянной солнечно-звездной ориентации. Затем по команде станция разворачивается так, чтобы ось телескопа оказалась ориентированной на заданный участок небесной сферы. При этом точность ориентации осей аппарата в пространстве по углу не хуже $5'$, а угловая скорость стабилизации не превышает 5×10^{-3} град/с. Такие параметры система управления ориентацией станции может поддерживать несколько часов. После наведения космического аппарата с помощью системы управления ориентацией, которая в данном случае играет роль первичного, «грубого» контура наведения, подключается вторичный, «точный» контур наведения, образованный датчиками, следящими за положением звезды, электроникой, приводами вторичного зеркала. Точность стабилизации изображения звезды на входной щели спектрометра в режиме центрального слежения не хуже $0,3''$, а в режиме смещенного (офсетного) слежения — не хуже $2''$. Затем по командам с логического блока или по командам с наземного пункта управления начинаются измерения ультрафиолетового излучения исследуемого объекта (по трем каналам) и излучения в видимой области спектра (по одному каналу). По окончании наблюдений выбранного объекта телескоп перенацеливается на другой участок небесной сферы, и процедура повторяется. Результаты измерений могут транслироваться на наземные пункты приема непосредственно или записываться в бортовом запоминающем устройстве и передаваться в сеансах связи со станцией.

Рентгеновские спектрометры, установленные по бокам ультрафиолетового телескопа, предназначены для исследований в энергетическом диапазоне от 2 до 25 кэВ с общей площадью собирающей поверхности $0,2 \text{ м}^2$. Число спектральных каналов — 10. Для подавления фона, создаваемого заряженными частицами, каж-

дая из двух плит, на которых установлены по семь пропорциональных рентгеновских и одному эталонному счетчику, окружена защитным кожухом. Рентгеновские спектрометры могут вести измерения одновременно с ультрафиолетовым телескопом. Кроме того, предполагается проводить синхронные наблюдения с наземной сетью оптических телескопов.

В создании ультрафиолетового спектрометра для телескопа, разработанного в Крымской астрофизической обсерватории, принимали участие французские ученые и специалисты из Марсельской лаборатории космической астрономии. Французские специалисты разработали конструкцию и сканирующую систему спектрометра, светоприемную аппаратуру и электронику для регистрации спектров, осуществили калибровку спектрометра. Научная программа наблюдений разрабатывается учеными обеих стран. Совместно создавалась и камера опознавания небесной сферы, над которой работали ученые и специалисты из Академии наук АрмССР.

ВЫСОКАЯ НАГРАДА УЧЕНОМУ

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 10 мая 1983 года за большие заслуги в развитии астрономической науки, подготовке научных кадров и в связи с 70-летием со дня рождения академик Андрей Борисович Северный награжден орденом Ленина.

Редколлегия, редакция и авторский коллектив журнала сердечно поздравляют Андрея Борисовича с присуждением ему высшей награды Родины и желают новых творческих успехов.



Атмосфера и поверхность Венеры

В первых числах марта 1982 года на поверхность Венеры опустились советские автоматические станции «Венера-13» и «Венера-14», которые вновь исследовали грунт и атмосферу планеты. О новых результатах и о старых, осмысленных по новому, предлагаемая статья.

НЕБО ВЕНЕРЫ

Здесь нет привычной голубизны земного неба. Высоко над поверхностью Венеры раскинут огромный оранжевый купол облаков. Самые нижние облачные слои находятся на высоте 48—49 км, поэтому с поверхности не видны какие-либо подробности их структуры, за исключением, может быть, тонких полос (вроде земных перистых облаков), расположенных чуть ниже 48 км. Около шести часов по местному времени лучи Солнца озаряют одну половину облачного купола и слегка подсвечивают другую. Постепенно облака становятся все светлее, яркость неба-склона очень медленно выравнивается. На Земле проходит день, другой, третий... Через 5 земных суток местное время на Венере прибавляется на один час, через 10 суток — на два. Солнечные сутки на Венере очень длинные (116,8 земных суток); весь год планеты состоит из двух (точнее, 1,91) солнечных суток. Поэтому так долго длится рассвет. Однако восход Солнца — понятие, не известное природе Венеры. Прямой луч Солнца не способен пробиться

сквозь 20-километровую толщу сернокислотного тумана, который мы по традиции называем облаками Венеры. Пока не наблюдалось ни одного, даже самого маленького, сквозного разрыва в облаках.

Под облаками Венеры — огромный газовый океан, заполненный в основном раскаленной углекислотой. Давление у поверхности достигает 95 атм, а плотность в 50 раз выше «нормальной» плотности земной атмосферы. Масса венерианской атмосферы ($0,5 \cdot 10^{24}$ г) соизмерима с массой воды в океанах Земли ($1,37 \cdot 10^{24}$ г).

Голубой цвет земного неба — результат релеевского рассеяния света молекулами газа атмосферы. Особенно сильно в атмосфере Земли рассеиваются фиолетовые и голубые лучи. Но фиолетовых лучей в спектре Солнца значительно меньше, чем голубых, да и чувствительность глаза к ним невелика; вот мы и видим на Земле голубое небо. На Венере из-за высокой плотности атмосферы у поверхности сильно рассеиваются зеленые и даже желтые лучи, тогда как синие рассеиваются на больших высотах, а в нижних слоях атмосферы они к тому же поглощаются некоторыми газообразными соединениями. Поэтому небо над горизонтом Венеры яркое желто-зеленого цвета. Именно такое желто-зеленое небо можно было видеть над отдаленным холмом на цветной панораме, переданной телевизионной камерой «Венера-13» (Земля и Вселенная, 1982, № 4, с. 4. — Ред.).

В очень плотной венерианской атмосфере лучи света испытывают сильную рефракцию (искривление) и должны уходить далеко за гори-

зонт. Вероятно, извержение вулкана можно увидеть ночью на довольно большом расстоянии. Но из-за сильного рассеяния света извержение будет выглядеть как нечеткое бесформенное пятно. Днем, когда поверхность поглощает солнечный свет и прилегающий к поверхности слой га-

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ О ВЕНЕРЕ

Среднее расстояние от Солнца	$108,2 \cdot 10^6$ км, или $0,723$ а.е.
Сидерический период обращения	$224,7$ дня
Синодический период обращения	$584,0$ дня
Период вращения	$243,0$ дня
Продолжительность солнечных суток	$116,8$ дня
Плотность солнечной радиации на орбите Венеры	$0,26$ Вт/см ²
Сферическое альbedo	$0,77$
Полная солнечная радиация, поглощаемая планетой	$2,36 \cdot 10^{11}$ МВт
Эффективная температура планеты	228 К
Средний радиус поверхности	$6051,5$ км
Средний радиус по внешней границе облачного слоя	6120 км
Масса планеты	$4,871 \cdot 10^{27}$ г
Средняя плотность	$5,24$ г/см ³
Ускорение свободного падения у поверхности	887 см/с ²
Температура у поверхности	735 К
Давление у поверхности	93 атм
Отношение массы атмосферы к массе планеты	$\sim 10^{-4}$
Главные составляющие атмосферы:	
углекислый газ	$\sim 96\%$
азот	$\sim 4\%$

за разогревается, может возникнуть аномальная рефракция — отклонение лучей света вверх. В результате линия горизонта располагается близко к наблюдателю. Телевизионные камеры «Венеры-14», которая поздним утром

Фрагмент изображения поверхности Венеры, переданного аппаратом «Венера-13». За близкой неровной линией горизонта виден склон соседней долины. «Туман» перед склоном объясняется сильным рассеянием коротковолновых лучей в атмосфере Венеры



Поверхность в районе посадки «Венеры-14». Равнина, покрытая плоскими плитами, ограничена ровной линией близкого горизонта

опустилась на ровную поверхность планеты, «видели» четкую линию близкого горизонта.

ЛОГИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕНЕРЫ

Начиная с 1967 года, когда «Венера-4» впервые провела прямые измерения в атмосфере Венеры, 11 советских космических аппаратов работали по все более сложным программам, шаг за шагом расширяя наши представления о ближайшей соседке Земли. В 1978 году прямые исследования атмосферы Венеры выполнил американский космический аппарат «Пионер — Венера».

Программа работы станций «Венера-13» и «Венера-14» включала как усложненные эксперименты, осуществленные «Венерой-11» и «Венерой-12» в 1978 году, так и ряд принципиально новых исследований. Ученые легко могут назвать актуальные задачи того или иного научного направления. Вопрос в том, можно ли создать достаточно легкие, компактные и экономичные приборы, которые позволят провести соответствующие эксперименты. Мало того, физические условия и особенности окружающей среды на Венере предъявляют свои дополнительные (и очень тяжелые) требования — такие, как стойкость к высоким температурам (до 470 °C) и давлениям (до 95 атм). В каждом новом эксперименте приходится исходить из опыта уже выполненных полетов, максимально использовать найденные удачные решения. Иными словами, сложность эксперимента определяет его место (и очередность) в цепи исследований.

Логика такой очередности в советской программе изучения Венеры подчинялась научной актуальности задачи. Вначале были необходимы рекогносцировочные полеты, чтобы определить основные параметры атмосферы и ее главную составляющую (углекислый газ, 96%). Затем стал возможен детальный анализ состава и строения атмосферы и облачного слоя. Одновременно исследовалась динамика атмосферы. Далее пришло время изотопного анализа малых составляющих и «вылавливания» экзотических компонентов газовой и аэро-

зольной среды. Следовало также понять, как они возникают в атмосфере, каков их кругооборот, если они химически активны. Вместе с этими экспериментами началось исследование таинственной, никогда прежде не виданной поверхности планеты. Были получены подробные телевизионные изображения малых участков планеты и осуществлено глобальное радиолокационное картирование. Кстати, наземная радиолокационная техника выполняет часть такой работы и без использования космических аппаратов (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 8.— Ред.). Источником сведений о внутреннем строении планеты может быть только сейсмический эксперимент — пассивный или активный. Но такие эксперименты требуют весьма сложной и долгоживущей в условиях Венеры аппаратуры. Техника космических исследований только подходит к решению этой проблемы.

НОВОЕ ОБ АТМОСФЕРЕ И ОБЛАКАХ

Большая разница в содержании воды на Земле и Венере — на Земле $2,3 \cdot 10^{-4}$ массы планеты, а на Венере всего лишь $3 \cdot 10^{-9}$ или около того, — по-видимому, объясняется различными условиями формирования этих планет. Возможно, между будущими орбитами Венеры и Земли проходила граница удержания льда и химически связанной воды в протопланетных частях.

Анализ содержания водяного пара в атмосфере Венеры дает не совсем одинаковые результаты. Значит ли это, что концентрация пара в тропосфере планеты, где выполнялись измерения, несколько меняется (например, в зависимости от времени суток)? Еще непонятнее повторяющаяся во всех измерениях высотная зависимость содержания водяного пара: его относительно много (около $2 \cdot 10^{-4}$, или 0,02%) у нижней границы облаков, но в 10 раз меньше у поверхности ($2 \cdot 10^{-5}$). Такие же результаты получены и в новом спектрофотометрическом эксперименте на «Венере-13» и «Венере-14». Поскольку тропосфера планеты хорошо перемешивается, высотную зависимость проще всего объяснить, допустив, что где-то «на-

верху», на высоте 40—48 км, есть источник водяного пара, который поглощается поверхностью (или у поверхности). Для работы такого механизма восходящий поток должен выносить «наверх» столько водорода и кислорода, чтобы замыкался кругооборот воды.

Следует отметить, что полученное в некоторых экспериментах существенно большее, чем указано выше, количество водяного пара не согласуется с наблюдаемым действием парникового эффекта. Поверхность и атмосфера Венеры поглощают заметную долю солнечной радиации. Поскольку температура планеты остается постоянной, такая же энергия излучается планетой в инфракрасном тепловом диапазоне. Но в этой части спектра углекислый газ с примесью паров воды малопрозрачен, причем прозрачность сильно зависит именно от концентрации водяного пара. Поэтому температура поверхности и нижних слоев атмосферы должна быть так высока, чтобы сохранился баланс между получаемой и излучаемой энергией. Температура поверхности как раз соответствует концентрации водяного пара около $2 \cdot 10^{-5}$; если бы концентрация стала большей, непрозрачность атмосферы для инфракрасных лучей значительно возросла бы и температура поверхности стала бы еще выше.

Редко космический эксперимент дает исчерпывающий ответ на поставленный вопрос. На первый взгляд, точное измерение изотопного состава инертных газов (аргона, неона, криптона и ксенона, гелий в 1982 году не анализировался) — это как раз исчерпывающий ответ. Однако конечная цель масс-спектрометрического эксперимента, проводившегося на «Венере-13» и «Венере-14», была гораздо сложнее: найти и объяснить космогонические причины значительных различий изотопных отношений инертных газов для Венеры, Земли и других планет. Изотопный состав инертных, или благородных, газов представляет особый интерес для науки о происхождении планет. Эти газы не вступают ни в какие химические реакции. Если не считать гелия, инертные газы достаточно тяжелы,

чтобы к настоящему времени сохраниться в том же количестве, в каком Венера получила их при формировании. Впрочем, надо сделать одну оговорку. Некоторые изотопы благородных газов образовались позже, по мере распада радиоактивных элементов, содержащихся в коре планеты. Такovy аргон-40—конечный продукт распада радиоактивного изотопа калия-40, и ксенон-129—продукт распада иода-129. Подобные изотопы инертных газов называются радиогенными, а изотопы, доставшиеся планете на стадии ее формирования (например, аргон-36 и аргон-38),—первичными.

Соотношение изотопов инертных газов в атмосфере Венеры не похоже ни на земные, ни на марсианские значения. Вместе с тем, количество аргона в атмосфере Венеры равно 0,01%, что близко к абсолютному его содержанию в земной атмосфере (около 1%). В земном аргоне 0,996 приходится на радиогенный аргон-40 и лишь 0,004—на первичные аргон-36 и аргон-38. Масс-спектрометры «Венеры-11» и «Венеры-12» в 1978 году установили, что на Венере изотопный состав совсем другой: первичных изотопов столько же, сколько радиогенного аргона-40. Масс-спектрометрические измерения, проводившиеся на «Венере-13» и «Венере-14», показали, что «неземные» соотношения наблюдаются и для других инертных газов—неона, криптона, ксенона. Содержание их в атмосфере Венеры оказалось близким к 10^{-5} для неона и немного меньше, чем 10^{-6} , для криптона и ксенона (Земля и Вселенная, 1982, № 5, с. 19.—Ред.).

Следует добавить, что в атмосфере планеты много азота—4%. По абсолютному значению это примерно в 5 раз больше, чем в нашей атмосфере. Вероятно, почти весь азот на Венере из-за высокой температуры ее поверхности находится в атмосфере.

Интересные сведения о малых составляющих венерианской атмосферы получены в эксперименте с газовым хроматографом: были обнаружены сернистый газ (содержание $2 \cdot 10^{-5}$), сероводород ($8 \cdot 10^{-5}$), сероокись углерода ($4 \cdot 10^{-5}$) и другие соединения серы. Найдены также в небольших ко-

личествах кислород ($2 \cdot 10^{-5}$) и водород ($2 \cdot 10^{-5}$). Данные спектрофотометрического эксперимента, осуществленного на «Венере-13» и «Венере-14», свидетельствуют о присутствии аллотропов газообразной серы в нижних слоях тропосферы планеты. Один из аллотропов активно поглощает синие лучи, что еще больше усиливает оранжевую окраску света, достигающего поверхности.

Несколько слов об облачном слое. Как известно, верхний слой облаков Венеры, расположенный выше 65 км, имеет оптические характеристики, совпадающие со свойствами мелких капель 80%-ной серной кислоты. Размеры капель очень малы, около 1—2 мкм, а концентрация их вблизи 65—67 км составляет примерно 300 капель в 1 см^3 . Механизм образования таких капель все еще не вполне ясен. Некоторые эксперименты на аппаратах «Венера-13» и «Венера-14» специально предназначались для исследования аэрозолей облаков. Как показал анализ, сера входит в число основных компонентов аэрозолей, что согласуется с гипотезой о сернокислотном составе облаков. Однако данные 1978 года о значительном содержании хлора в аэрозолях облаков не подтвердились.

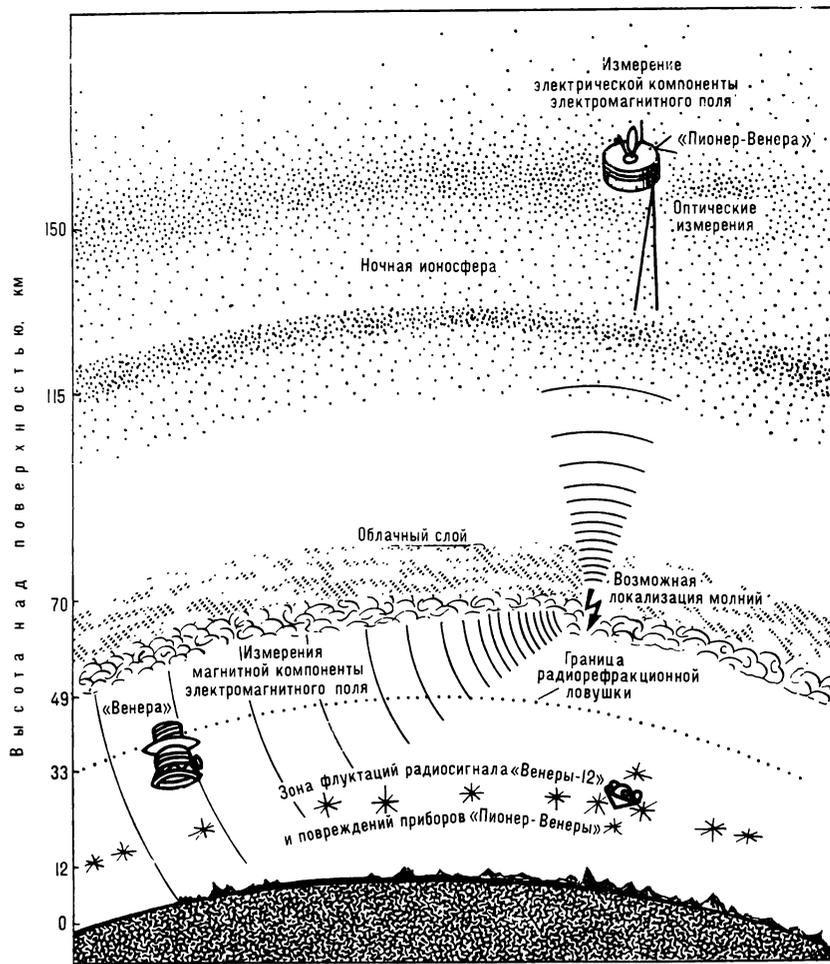
Похоже, не подтвердились и полученные аппаратом «Пионер—Венера» сведения о трех характерных значениях средних размеров аэрозольных частиц. В нефелометрическом эксперименте, проводившемся на аппаратах «Венера-13» и «Венера-14», наблюдались в основном частицы диаметром около 2 и 5 мкм. Их сферическая форма указывает на жидкую фазу аэрозолей. Кстати, нельзя исключить, что в облаках есть и частицы серы. Нефелометры «Венеры-13» и «Венеры-14» обнаружили три слоя облаков. Верхний, с постепенно уменьшающейся концентрацией до нескольких десятков частиц в 1 см^3 , достигает уровня 80 км и даже выше. Его нижняя граница лежит между 56—58 км, где особенно много частиц размером 5—10 мкм. Наибольшая концентрация и крупных, и мелких частиц (до 400 см^{-3}) относится к нижнему слою облаков—от 49 до 51 км. Уже упоминалось о тон-

ких облаках, лежащих еще ниже, вблизи 48 км. Здесь концентрация частиц резко падает до $1\text{—}2 \text{ см}^{-3}$, причем их размеры не превышают 1—2 мкм. На высоте 31—32 км и они исчезают; ниже атмосфера, по видимому, не содержит аэрозолей. Нижняя граница основных облаков (49 км) обладает какими-то критическими для аэрозолей свойствами. Температура здесь около 110°C , а давление 1,1 бар.

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДРАКОН» ВЕНЕРЫ

Результаты космического эксперимента часто указывают на более сложную, чем представлялось, физику наблюдаемого явления. Именно так развивались события, когда исследовалась электрическая активность атмосферы Венеры. В декабре 1978 года «Венера-11» и «Венера-12», опускаясь в атмосферу планеты, зарегистрировали множество низкочастотных электромагнитных импульсов, очень похожих на те, что возникают в земной атмосфере при разрядах молний (Земля и Вселенная, 1979, № 4, с. 5.—Ред.). В этом эксперименте, который назывался «Гроза», искали именно молнии. Предполагалось, что если они будут обнаружены, это станет ключом к пониманию происхождения некоторых малых газообразных составляющих в атмосфере Венеры (при электрических разрядах в атмосфере Земли возникают окислы азота, озон и даже синильная кислота). Через несколько дней подобные же импульсы были приняты и на орбитальном аппарате «Пионер—Венера», что подтвердило их реальность.

Тогда казалось почти несомненным, что, раз молнии существуют, они должны возникать в облаках Венеры, между отдельными слоями или частями облачного слоя. С орбитального аппарата «Пионер—Венера» предприняли поиск световых вспышек в облаках на ночной стороне планеты. Но вспышек не было, хотя электромагнитные импульсы продолжали приниматься. Результаты, полученные на «Венере-11», показывали, что в одном случае импульсы поступали от какого-то небольшого по угловым размерам объекта, непохожего на



Электрические явления в атмосфере Венеры наблюдались на спускаемых аппаратах «Венера-11» — «Венера-14» как прямая электромагнитная волна от разряда, а на спутнике «Пионер — Венера» — как волна, прошедшая сквозь ионосферу в «моде вистлера». На рисунке разряд показан в облачном слое — такова была первая интерпретация этого явления. Однако есть основания считать, что разряды происходят намного ниже, на высоте около 12 км, но точно указать их положения еще не удастся. Из-за сильной рефракции радиолучей ниже 30 км радиоволны распространяются в своеобразном канале, отклоняясь к поверхности

протяженные грозовые облака. Более того, некоторые исследователи указывали, что количества аэрозоль в облаках недостаточно, дабы накопить необходимые для образования молний большие электрические пространственные заряды. Далее, анализ высотной зависимости напряженности низкочастотного поля, полученной на четырех аппаратах, от «Венеры-11» до «Венеры-14», показал, что скорее всего источник импульсов находился на небольших высотах, но не в облаках. Особенности рефракции радиоволн в атмосфере планеты таковы, что высокое положение источника должно, грубо говоря, давать высокую напряженность поля на больших и низкую на малых высотах в атмосфере. Но «Гроза» указывала на рост напряженности с уменьше-

нием высоты аппарата. Это соответствует низко расположенному источнику поля.

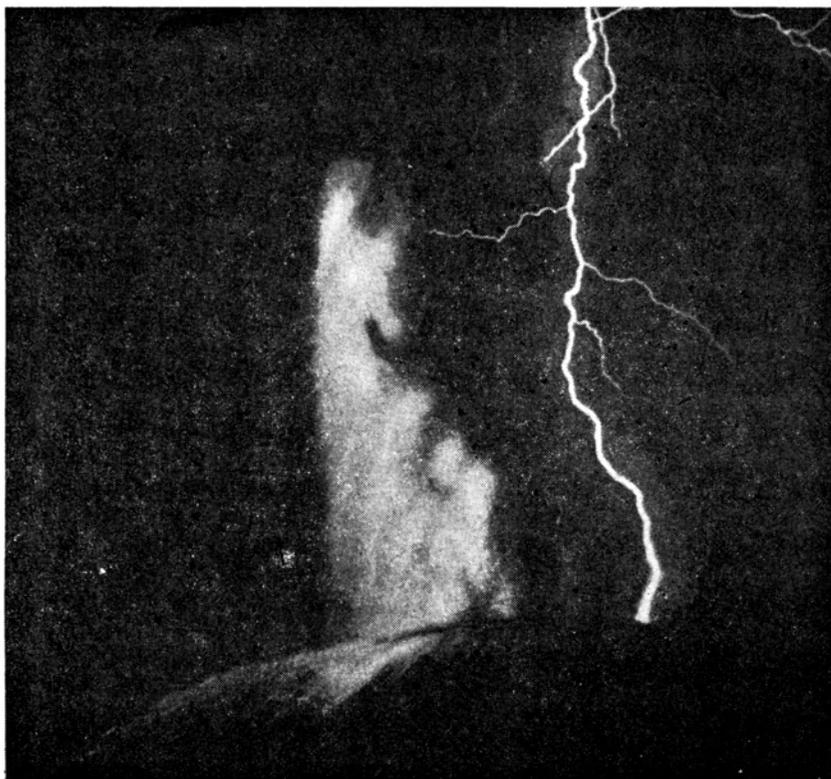
В 1978 году поступили также сообщения о загадочных явлениях, происходивших с четырьмя американскими зондами на высотах около 12 км (глубоко под облаками). Еще раньше отмечалось, что радиосигнал с некоторых советских аппаратов испытывал в этой зоне резкие изменения фазы, словно «Венеры» проходили сквозь слой плотной плазмы. Но существование плазмы на этих высотах необъяснимо с точки зрения теории. Вместе с тем у всех зондов «Пионер — Венера», опускавшихся в разных районах планеты, на высоте около 12,5 км были повреждены датчики температуры и некоторые другие устройства. Лабораторные исследования приборов-двойников показали, что наиболее вероятной причиной разрушения датчиков мог быть внешний электрический разряд. Так как зонды в это время разделяли многие тысячи километров, напрашивается вывод: электрически активная зона в атмосфере имеет глобальную протяженность. Природа электрической активности на высотах 10—15 км остается совершенно непонятной. Впрочем, не исключено, что сходное явление уже давно известно на Земле. Оно называется «гром с ясного неба»: имеются данные о разрядах молний в безоблачную погоду. Природа таких молний изучена плохо.

Электромагнитные импульсы принимались на борту спутника «Пионер — Венера» в течение нескольких лет. Из-за влияния ионосферы и по некоторым другим причинам импульсы удавалось регистрировать только над ночной стороной планеты, причем аппарат проходил на высоте всего 150 км. Ионосфера пропускала к аппарату лишь очень небольшую часть импульсов, когда случайно ориентированное локальное магнитное поле было направлено между аппаратом и точкой разряда. Иными словами, требовалось совпадение положения аппарата и во времени, и в пространстве с той точкой, куда приходила волна, распространявшаяся сквозь ионосферу в «моде вистлера», хоро-

шо известной на Земле. Так как в эксперименте «Гроза» импульсы после посадки аппаратов практически не поступали, было сделано предположение, что низкочастотные радиоволны в атмосфере Венеры распространяются на не очень большие расстояния. Тогда район, в котором принят импульс, можно грубо считать районом его возникновения. И вот оказалось: импульсы действительно концентрируются в двух районах планеты — у горных массивов Бета и Феба, относимых геологами к вулканическим, и в восточной части Земли Афродиты (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 16.— Ред.). Именно вблизи Фебы, немного к востоку от нее, опустились аппараты «Венера-11» — «Венера-14». Возможно, «Венера-11» угодила в одну из самых активных областей; во всяком случае остальные аппараты отметили напряженно-

*Молния над жерлом вулкана
Толбачик на Камчатке. Извержение
1975 года*

Фото В. Гиппенрейтера



сти поля раз в 10 меньше, чем «Венера-11». Обозреватель журнала «Sky and Telescope» сопоставил топографию этих районов с данными гравитационной съемки. Оказалось, что есть несомненная корреляция между районами, где регистрировались электромагнитные импульсы, и местами расположения гравитационных аномалий. На Земле такие аномалии сопутствуют молодому вулканизму. Напрашивался вывод, что молнии на Венере связаны не с облаками, а с сильными вулканическими извержениями.

ВУЛКАНЫ НА ВЕНЕРЕ?

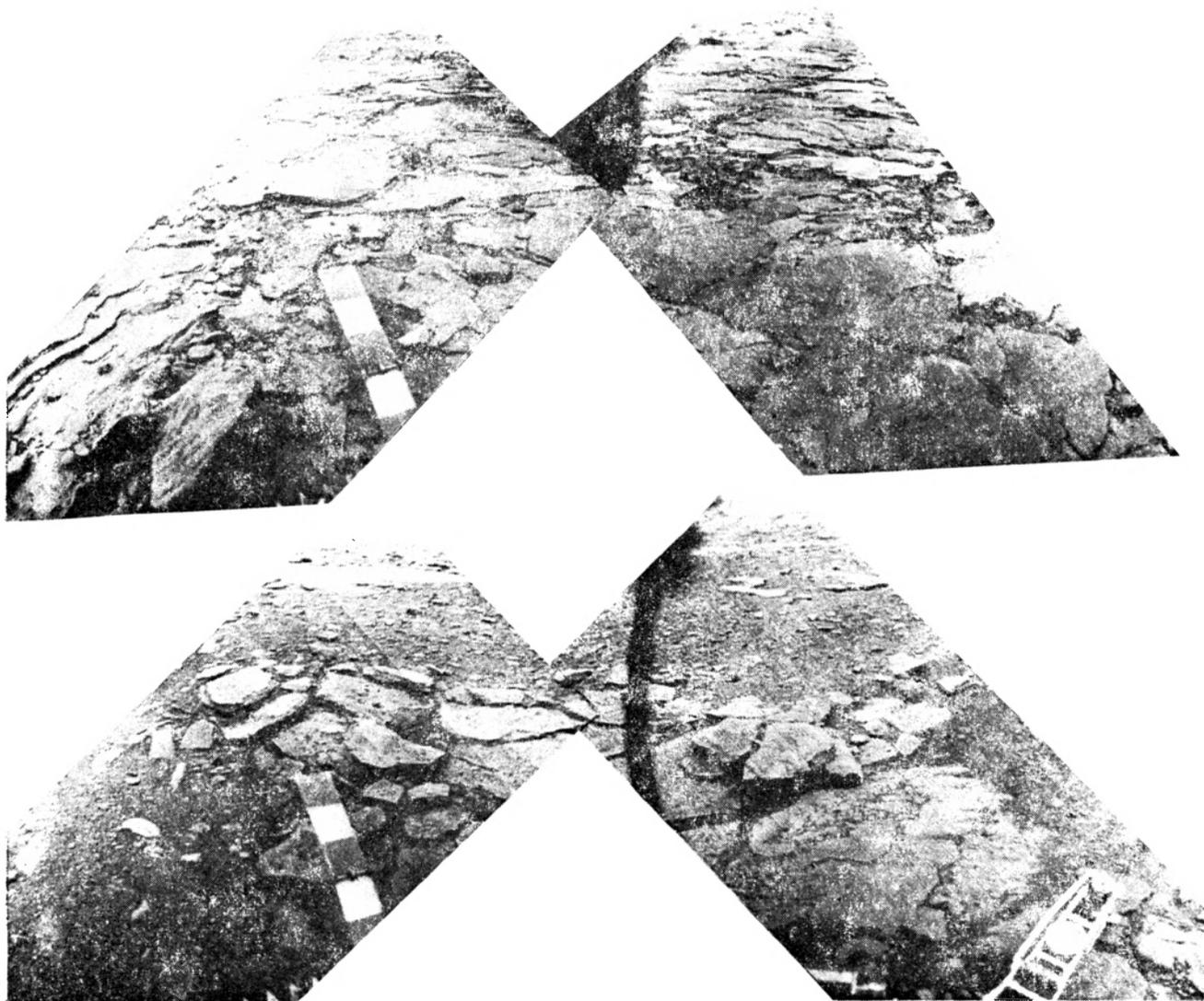
Молнии над извергающимися вулканами известны и на Земле. В отличие от земных, венерианские извержения должны сопровождаться более интенсивными электрическими явлениями из-за высокой плотности атмосферы. Но главное, сильные и продолжительные извержения действительно должны наблюдаться на Ве-

нере. Этот вывод опирается на цепь довольно логичных предположений.

По всей вероятности, тепловыделение благодаря распаду радиоактивных элементов в коре обеих планет более или менее одинаково (в грунте Венеры содержатся те же радиоактивные элементы, что и на Земле, — уран, торий, калий-40). Тогда средний тепловой поток через поверхность планеты должен быть около $1,5 \text{ мккал/см}^2 \cdot \text{с}$. На Земле конвективные движения в мантии выносят этот поток на поверхность главным образом через «горячие точки» — срединно-океанические рифты. На Венере, где рифты немногочисленны и не имеют глобальной протяженности, основной вынос тепла может происходить лишь во время извержений вулканов. На первый взгляд, возможен и более простой способ: диффузия тепла сквозь кристаллическую кору благодаря молекулярной теплопроводности. Однако на Венере этот механизм, по-видимому, играет лишь второстепенную роль. Из-за низкой теплопроводности коры температура недр быстро растет с глубиной. Поскольку температура поверхности очень высока (450°C), уровень размягчения литосферы должен находиться близко к поверхности планеты. Это резко снизило бы несущую способность литосферы, а существование высоких гор на планете стало бы невозможным, так как корни этих своеобразных поплавок должны быть расплавлены. Но мы знаем, что горы благополучно стоят на поверхности Венеры, причем наибольшие перепады их высот такие же, как на Земле. Чтобы объяснить этот парадокс, и предложена гипотеза постоянно извергающихся вулканов. Но есть и другие предположения, например, огромные вулканические конусы может поддерживать на поверхности именно динамический напор извергающейся лавы.

Словом, гипотеза о постоянно извергающихся вулканах почти всем хороша. У нее есть только один изъян: сильные извержения на Земле сопровождаются значительным запылением атмосферы. Между тем пыли в тропосфере Венеры практически нет. Можно, конечно, предположить, что

Поверхность в районе посадки «Венеры-14» почти не имеет аналогов на Земле. Прочные плоские плиты местами разрушены трещинами. Раздробленного грунта здесь почти нет



Раздробленный грунт и остатки коренных пород в месте посадки «Венеры-13»

из-за малой скорости ветра у поверхности пыль выпадает вблизи места извержения и не разносится на большие расстояния. Скорость ветра в

местах посадки аппаратов «Венера-13» и «Венера-14» действительно невелика: 0,5 и 0,3 м/с соответственно. Если радиус самых мелких частиц близок к 0,1 мм, а высота столба извергающихся пыли и газа не превышает нескольких километров, частицы выпадут в нескольких десятках километров от места извержения. На больших расстояниях атмосфера могла бы остаться незапыленной.

Панорамы, переданные «Венерой-14», кажется, не противоречат гипотезе о выпадении пыли из атмосферы. В районе посадки аппарата поверхность состоит из наслоений плоских плит небольшой толщины, различающихся оттенками и формой. Некоторые геологи считают, что такой грунт мог образоваться именно в процессах осаждения пыли из атмосферы с последующим ее спекани-

ем в сплошную породу. Некоторые плиты разрушены трещинами.

Вид поверхности на разных панорамах, особенно на панораме, переданной «Венерой-9», не исключает возможности сейсмических явлений. Попытку их зарегистрировать впервые предприняли на «Венере-13» и «Венере-14». Разумеется, было бы наивным надеяться застать «венеротрясение» за один-два часа активного существования аппарата на поверхности планеты. Приборы были рассчитаны на регистрацию микросейсм — слабых колебаний грунта, которые на Земле возникают, например, под действием волнения океана. Измерения на «Венере-14» продолжались почти час после посадки аппарата. Примерно в середине этого периода отмечены два слабых толчка грунта (микросейсм). Сам ап-

парат помех не создавал. И хотя полностью исключить его влияние нельзя, автор статьи больше склоняется к мысли, что это были реальные микросейсм. Приборы на «Венере-13», опустившейся на расстоянии 950 км от будущего района посадки «Венеры-14», микросейсм не обнаружили.

Можно предположить, что рыхлый грунт в районе посадки «Венеры-13» имеет более древний возраст, чем грунт в месте посадки «Венеры-14». Эти старые лавовые образования подверглись сильному химическому выветриванию. Механические измерения, которые выполнялись на обоих аппаратах, показали, что плотность грунта близка к 2 г/см^3 . Интересно, что предварительный анализ состава грунта в обеих точках дал почти одинаковое количество кремнезема (45

и 49%), но различное содержание окиси калия и кальция (4 и 7% для «Венеры-13», 0,2 и 10% для «Венеры-14» соответственно). Грунт в районе посадки «Венеры-13» отнесен к глубинным базальтоидам, сравнительно редко встречающимся на Земле, а в месте посадки «Венеры-14» — к более распространенным на Земле океаническим толеитовым базальтам. Согласно результатам рентгенофлуоресцентного анализа, 95% массы грунта приходится на кремний, кислород, алюминий, калий, кальций, магний, титан, марганец, железо. Но окончательная интерпретация полученных данных еще впереди, как, впрочем, и всех других экспериментов, которые были проведены на поверхности и в атмосфере Венеры.



ЕСТЬ ЛИ ГОРЯЧИЕ КОРОНЫ У ГАЛАКТИК?

Один из экспериментов, проводившихся на борту рентгеновского спутника «Эйнштейн», был направлен на поиски горячих газовых коронок вокруг спиральных галактик. Эксперимент дал отрицательный результат: у двух спиральных галактик NGC 3628 и NGC 4244, повернутых к нам ребром, не зафиксировано рентгеновское излучение горячих коронок. Мы уже привыкли, что рентгеновская астрономия — «поставщик» удивительных открытий, и вот неожиданно запланированное открытие не состоялось. Горячие газовые короны вокруг спиральных галактик были предсказаны астрономами за несколько лет до попытки их обнаружения. На чем же основывалась уверенность астрономов?

Известно, что в спиральных галактиках примерно раз в 50 лет вспыхивает сверхновая звезда. Во время вспышки выделяется энергия 10^{51} эрг, значительная часть которой идет на нагрев окружающего газа. За длительное время в галактиках должно установиться равновесие между нагревом газа и его остыванием, значит, в среднем межзвездный газ обязан, остывая, излучать энергию с интенсивностью 10^{31} эрг/50 лет = $6 \cdot 10^{41}$ эрг/с. Рентгеновский телескоп на борту спутника «Эйнштейн» был способен зарегистрировать излучение 10^{39} эрг/с от галактики NGC 3628 и $2 \cdot 10^{38}$ эрг/с от NGC 4244. Поскольку такое излучение не удалось обнаружить в мягком рентгеновском диапазоне (0,3—2,9 кэВ), где чувствительна аппаратура спутника, межзвездный газ испускает менее 1/1000 энергии вспышек сверхновых.

Как объясняют астрономы отсутствие горячих газовых коронок у исследованных галактик? Возможно, по какой-то причине межзвездный газ в галактиках не нагревается сверхновыми до температуры выше $5 \cdot 10^5$ К, поэтому его излучение остается не замеченным для рентгеновского телескопа. Не исключено, что, напротив, газ нагревается до температуры 10^7 К и быстро покидает галактику в виде «галактического ветра».

Astrophysical Journal. 1982, 263, 2.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ В ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЯХ

Обработав результаты наблюдений с борта рентгеновского спутника «Эйнштейн», американские астрофизики П. Гертц и Дж. Гриндлэй обнаружили 14 новых рентгеновских источников низкой светимости в семи шаровых скоплениях. Теперь в Галактике известно 18 «рентгеновских» шаровых скоплений, причем в двух из них — NGC 5139 (ω Центавра) и NGC 6656 (M22 в созвездии Стрельца) — содержится по несколько источников.

Все рентгеновские источники в шаровых скоплениях уверенно делятся на яркие (светимость более 10^{36} эрг/с) и слабые (светимость менее $10^{34,5}$ эрг/с). При этом все вспыхивающие рентгеновские источники — барстеры — относятся к классу ярких. Судя по всему, яркие источники связаны с двойными звездами, где один из компонентов — нейтронная звезда, а слабые источники — с системами, в которых рядом с обычной звездой вращается белый карлик.

Bulletin American Astronomical Society, 1982, 14, 4.



Кандидат физико-математических наук
Г. А. ЛЕЙКИН

Как образуются и исчезают кратеры

«Дело прошлое, но последствия налицо».
Овидий

Исполнилось 60 лет одному из старейших научных сотрудников Астрономического совета АН СССР и одному из самых активных членов редколлегии нашего журнала — Григорию Александровичу Лейкину.

Г. А. Лейкина отличают энциклопедичность знаний и редкая разносторонность интересов. Его первые научные работы были посвящены исследованию звездных атмосфер и солнечной короны. Затем его внимание привлекли вопросы движения искусственных спутников Земли, их наблюдения, а также изучение других небесных тел посредством космических аппаратов. Г. А. Лейкина занимали проблемы возраста лунного рельефа и природы масконов Луны, сейсмические эффекты на малых телах Солнечной системы и механизм извержений на Ио, пылевые бури Марса и микроструктура поверхности Луны. Излюбленным направлением научной работы Г. А. Лейкина является полуквантовое математическое моделирование сложных процессов на поверхности безатмосферных тел Солнечной системы. В содружестве с другими специалистами им разработаны теоретические модели перемешивания вещества в верхнем слое Луны. Г. А. Лейкин нашел простую математическую формулу, описывающую эволюцию метеоритного кратера.

Много сил и времени Г. А. Лейкин отдает издательскому делу. Большое число книг по астрономии, переведенных с других языков, вышло в нашей стране под его редакцией.

Редколлегия и редакция «Земли и Вселенной» поздравляют Григория Александровича с днем рождения, желают ему доброго здоровья и больших творческих успехов.

Современный человек не был свидетелем рождения настоящих метеоритных кратеров. Тем не менее усилиями многих ученых многих стран мира удалось понять, как возникают и развиваются кратеры.

350 лет назад Галилей писал о Луне: «Особенно часто наблюдаются там какие-то очень высокие плотины (я пользуюсь этим словом, потому что не могу найти другого, более для этого подходящего); они замыкают и окружают равнины разной величины и образуют различные фигуры, по большей части круглые; большинство из них имеют посередине довольно высокую гору, и лишь немногие наполнены темноватым веществом, похожим на вещество больших пятен, которые видны невооруженным глазом,— это особенно большие площади; число же меньших и совсем маленьких чрезвычайно велико, и почти все они круглые» («Диалог о двух системах мира», 1632). Это одно из первых в научной литературе описаний кратеров на небесном теле.

По мере изучения тел Солнечной системы стало ясно, что кратеры — наиболее распространенная форма рельефа, во всяком случае на тех телах, которые лишены или почти лишены атмосферы.

Кратерами покрыта вся поверхность Луны (моря отличаются от материков отсутствием или дефицитом крупных кратеров, тогда как средняя плотность малых кратеров на морях и материках одинакова), изученная часть поверхности Меркурия, значи-

тельные площади на Марсе и его спутники, а также практически все сфотографированные с высоким разрешением спутники Юпитера и Сатурна. Кратеры настолько распространены, что сейчас гораздо больше внимания уделяют объяснению отсутствия кратеров, а не их присутствия.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ КРАТЕРЫ

Подавляющее большинство кратеров формируется при столкновении движущихся в межпланетном пространстве тел с планетами или спутниками¹. Скорость соударения должна быть достаточно велика: для образования типичного кратера нужен взрыв. Иными словами, энергия при соударении должна освобождаться с такой скоростью, чтобы некатастрофическим путем (то есть за счет теплопроводности или деформации горных пород, не сопровождающейся их разрушением) она не успевала рассеяться.

Количество освобождающейся энергии оценить легко — это кинетическая энергия ударяющего тела, измеренная в системе координат, где мишень неподвижна. Чтобы оценить время, за которое освобождается энергия, необходимо знать длительность удара: при высокоскоростном соударении деформация соударяющихся тел создает ударную волну — волну сжатия, распространяющуюся от места удара в сталкивающихся телах. За фронтом волны вещество приобретает скорость, направленную от

¹ Одна из первых теоретических работ по взрывному ударному кратерообразованию принадлежит К. П. Станюковичу и В. В. Федынскому (1947 г.).

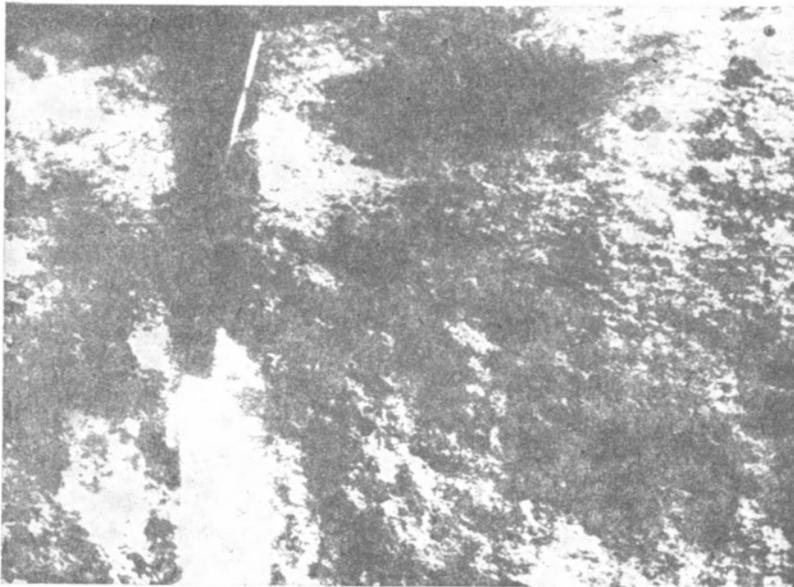
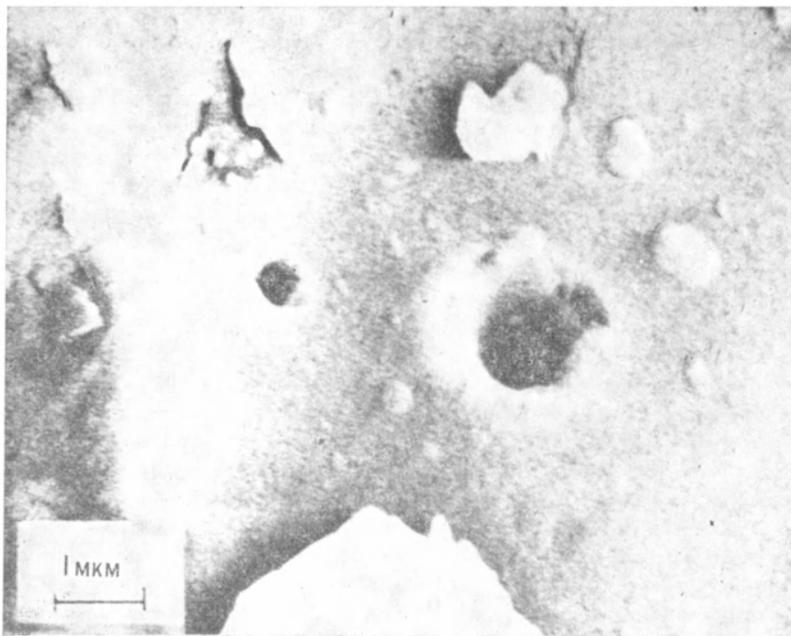
места удара. Вообще говоря, если известно уравнение состояния вещества, скорость распространения ударной волны можно рассчитать — она всегда меньше скорости ударяющего тела, но больше скорости звука и постепенно убывает по мере того, как энергия удара охватывает все большие объемы вещества. Длительность удара можно определить как время, за которое ударная волна проходит ударяющее тело. Здесь нужно отметить, что та часть ударяющего тела, которую еще не прошла ударная волна, продолжает двигаться в прежнем направлении с прежней скоростью (до нее еще не дошел сигнал об ударе), и, поскольку скорость тела больше скорости ударной волны, ударяющее тело продолжает свое движение, как бы расплющиваясь.

Для Луны типичная скорость соударения близка к 20 км/с. При такой скорости кинетическая энергия молекулы примерно на порядок превышает энергию ее образования, и соударение вызывает серьезную перестройку вещества — разрушаются старые и формируются новые молекулы, часть вещества испаряется, а

Микрократер на частице лунного реголита, доставленного автоматической станцией «Луна-16». Оплавленность воронки и вала, а также большое отношение глубины к диаметру указывают на высокую скорость соударения микрометеорной частицы, образовавшей кратер (по данным Института геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского и Геологического института АН СССР)

Фрагмент панорамы лунной поверхности, переданной автоматической станцией «Луна-9». Вверху — кратер поперечником около 1 м. Для таких кратеров характерна простая структура

Кратер Коперник — одно из наиболее заметных образований на лунном диске. Диаметр по бровке вала 93 км. Для лунных кратеров такой величины характерна хорошо видимая на снимке сложная центральная горка



часть подвергается расплавлению. Запас энергии настолько велик, что объем расплавленного вещества может на два порядка величины превосходить объем ударяющего тела. Часть энергии затрачивается на дробление пород и выброс вещества. Это и приводит к образованию первичной полости кратера.

Заметим, что вещество может выбрасываться крупными фрагментами со сравнительно большой скоростью. Если скорость превосходит параболическую, оно улетит в межпланетное пространство. (В лунных условиях, по-видимому, улетает основная часть вещества ударяющего тела. Может быть поэтому на поверхности Луны так мало железа, хотя железные метеориты на нее падают.) Часть вещества снова выпадает на планету или спутник, образуя так называемые вторичные кратеры главным образом за счет ударной деформации пород. Выбросы вещества и вторичные кратеры создают системы «лучей», хорошо заметные у крупных молодых кратеров Луны в полнолуние.

Если твердая кора планеты сравнительно тонка, а вещество под ней расплавлено или полурасплавлено, образование кратера может привести к появлению маскона — излиянию на поверхность или подъему к поверхности более плотных пород (Земля и Вселенная, 1970, № 3, с. 32.— Ред.). Такой подъем объясняется процессами перераспределения масс при изостазии (Земля и Вселенная, 1970, № 3, с. 26.— Ред.) — кора как бы плавает на расплавленном веществе и, в силу закона Архимеда, там, где кора отсутствует или утончена, поверхность расплава поднимается выше. Часть расплавленных пород через трещины может излиться на поверхность. Излившаяся лава охлаждается и кристаллизуется, при этом ее плотность увеличивается. Здесь нужно, однако, сделать два замечания. Во-первых, маскон образуется только в том случае, если прочность коры над ним недостаточна, чтобы противостоять избыточному давлению расплавленного вещества — магмы. Во-вторых, вязкость магмы очень велика и процесс формирования маскона весьма длителен. Во многих случаях кора как

бы успеваает «залечиться» и изостазия остается неполной. На Луне масконы были выявлены по измерениям гравитационного поля — подъем более плотного вещества к поверхности создает положительную гравитационную аномалию, — и оказалось, что масконы совпадают с крупными ударными бассейнами.

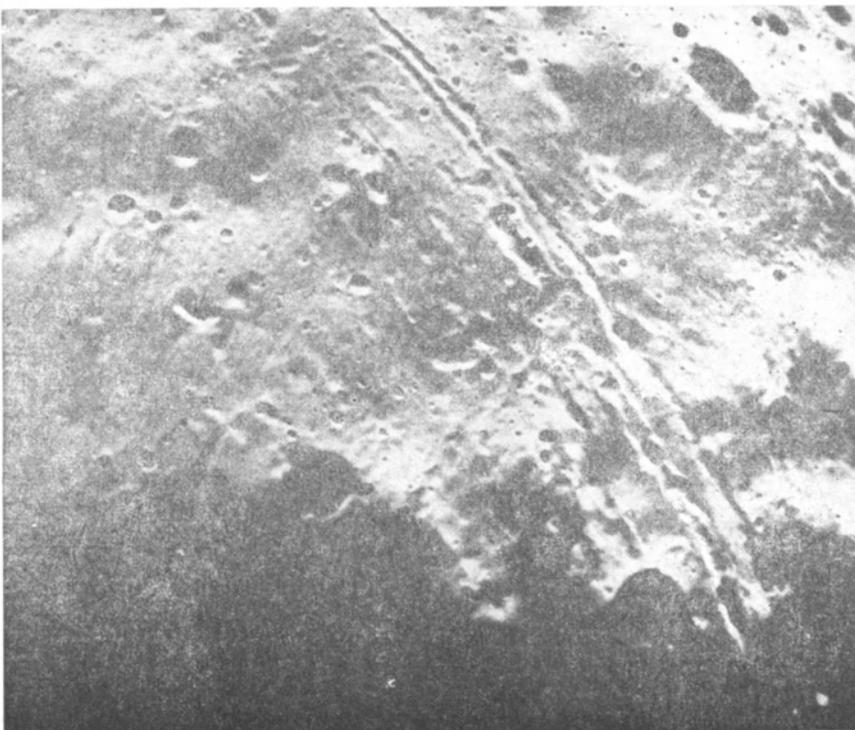
Процесс, приводящий к образованию первичной полости кратера и его первичного вала, сравнительно быстрый. Его длительность соизмерима со временем, за которое звуковой сигнал пройдет в горных породах расстояние порядка поперечника кратера. На этой стадии плотность освободившейся при ударе энергии в охваченном процессе объеме не уступает плотности гравитационной энергии и форма первичной полости слабо зависит от массы тела, на котором формируется кратер. Однако

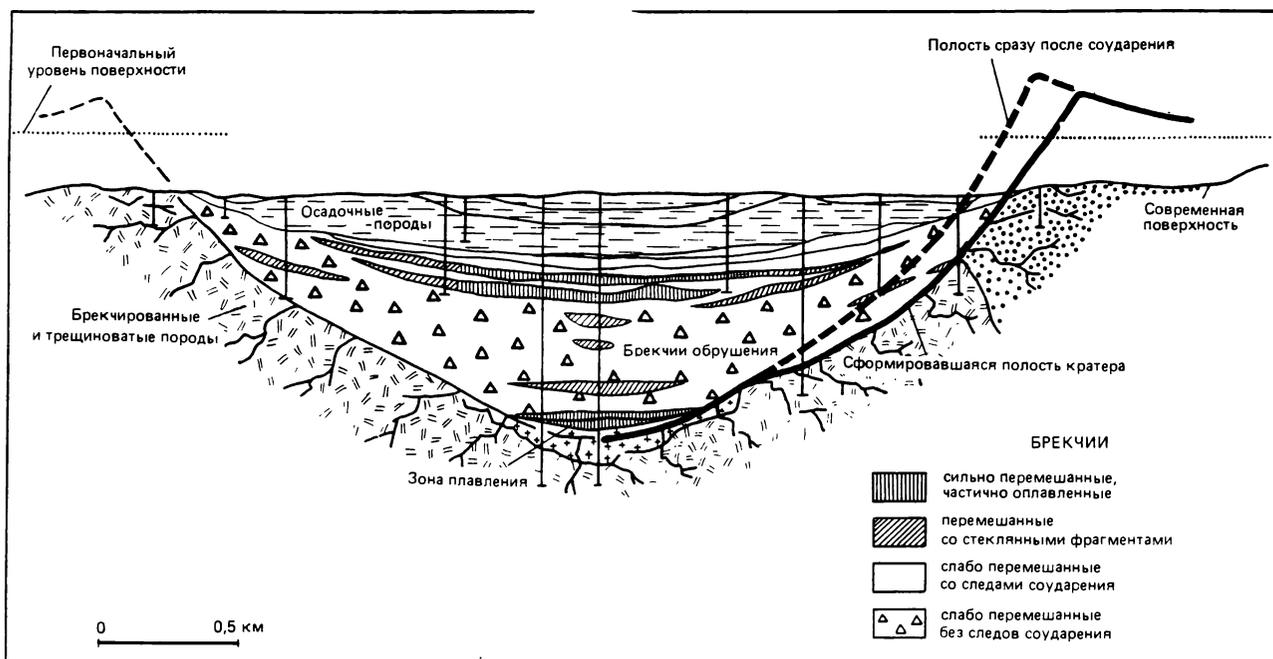
свежая первичная полость немедленно начинает преобразовываться: в нее падает часть вещества, выброшенного при ударе; ударные волны, распространяющиеся от места удара, рассеиваются и отражаются на неоднородностях и структурах. Они вызывают разрушение и перемещение пород, приводящее для крупных кратеров к образованию террасированных склонов и многокольцевых структур. Расплавленное при ударе вещество, если оно не выплеснуто за пределы кратера, стекает вниз; происходят оползни, склоны становятся более пологими и сглаженными. В определенных условиях, зависящих от величины кратера и строения планеты, возникают центральные горки.

На этой стадии плотность освободившейся при ударе энергии меньше плотности гравитационной энергии и влияние тела, на котором образуется кратер, становится весьма существенным. Длительность этой стадии сравнима со временем, в течение которого звуковая волна обегает планету или спутник.

Хотя энергия, освободившаяся при ударе, постепенно диссипирует, в оп-

Снимок Фобоса, полученный космическим аппаратом «Викинг-1» с расстояния около 250 км. Видна регулярная система борозд. Ширина борозд 100—200 м





ределенных условиях возбужденные соударением сейсмические колебания могут длиться столь долго, что охватят все тело мишени. В этом случае на поверхности тела может возникнуть система стоячих волн и, если поверхность покрыта слабо связанным реголитом — измельченным веществом, образовавшимся в процессе метеоритной бомбардировки, — а масса тела мала, реголит будет концентрироваться в узлах системы стоячих волн, создавая регулярную структуру гряд и борозд. Можно думать, что этому процессу обязаны своим происхождением регулярные структуры на поверхности Фобоса².

КАК ГИБНУТ КРАТЕРЫ

Появившись на свет в результате бурного взрыва и сравнительно быстро приспособившись к окружающей среде (и, в меру своих сил, приспособив среду к себе), кратер, если ему повезет, вступает в длительную эпоху медленного умирания.

² Есть и другое объяснение структур Фобоса, приписывающее их образование системе трещин, связанной с крупнейшим на Фобосе кратером Стикки. Но в этом случае аналогичные структуры должны были бы наблюдаться на всех телах, независимо от их размеров.

На телах, лишенных атмосферы и гидросферы, гибель кратера вызывается, главным образом, теми же причинами, которые привели к его рождению. Гибель кратера прежде всего связана с переносом вещества при образовании новых кратеров. Может случиться, что на месте интересующего нас кратера, если в его окрестности упадет достаточно большое метеоритное тело, возникнет новый кратер большего поперечника. Тогда старый кратер будет «мгновенно» уничтожен, и о том, что он когда-то существовал, можно будет узнать лишь после тщательного анализа состава и структуры горных пород. Да и при таком анализе едва ли удастся восстановить картину полностью. Возможны и другие катастрофические процессы гибели кратеров: например, их могут затопить лавовые излияния, обусловленные внутренними тектоническими процессами или спровоцированные образованием крупных кратеров. В этом случае иногда видны затопленные кратеры-призраки и можно надеяться, что геофизическое зондирование способно восстановить картину, существовавшую до затопления.

Однако крупных кратерных образований немного: при увеличении диаметра вдвое число кратеров на

Разрез земного метеоритного кратера Брент (Канада). Диаметр кратера 3,5 км, возраст около 400 млн. лет. Вертикальные отрезки — буровые скважины. По данным А. Гриве и М. Кингала

той же площади уменьшается примерно в 8 раз. Это правило практически универсально, оно справедливо для всех изученных в настоящее время тел Солнечной системы, лишенных атмосферы, и для широкого диапазона поперечников кратеров³. Поэтому кратер чаще гибнет не в результате мгновенной катастрофы, а из-за медленного сглаживания рельефа. На телах, лишенных атмосферы, сглаживание обусловлено тем, что при образовании кратеров на склонах перемещаемое вещество откладывается не симметрично относительно центра кратера, но смещается вниз по склону. Это приводит к то-

³ Соотношение перестает быть справедливым для малых кратеров, для которых установилась «равновесная плотность» (то есть число кратеров данного диаметра на единичной площади не зависит от времени). В этом случае плотность кратеров обратно пропорциональна квадрату их диаметра.

му, что склоны постепенно становятся все более пологими и в конце концов кратер уже нельзя различить.

У вновь образовавшегося кратера есть четкий вал, и зона максимальной крутизны склонов прилегает к валу изнутри. В ходе эволюции в первую очередь исчезают вал и малые детали рельефа в чаше кратера, диаметр кратера постепенно увеличивается, его глубина уменьшается, повсюду становится меньше крутизна склонов, а зона максимальной крутизны перемещается к центру кратера.

На телах, обладающих атмосферой и гидросферой, медленное сглаживание кратеров происходит в основном под действием атмосферной и водной эрозии, вещество переносится ветром и водными потоками. В этом случае начинают сказываться различия прочностных свойств пород, слагающих кратер. При метеоритной переработке из-за большой плотности освобождаемой энергии эти различия не существенны.

При прочих равных условиях время жизни кратера в процессе медленно-го разрушения примерно пропорционально квадрату его диаметра.

НЕКОТОРЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Количественная теория, охватывающая все стороны рождения, жизни и гибели кратеров, пока не создана. Тем не менее некоторые оценки, позволяющие судить о масштабе явлений, вероятно, полезно привести.

При скорости соударения, равной 20 км/с, до 2/3 энергии удара затрачивается на нагревание, плавление и испарение пород, около 1/3 на процессы дробления и менее 1/10 на выброс вещества из полости кратера. С ростом скорости метеорита все больше энергии тратится на тепловые процессы и все меньшая доля приходится на выброс вещества.

Объем кратера превышает объем образовавшего его метеорита в десятки тысяч раз. Объем зоны, где удар вызывает растрескивание и дробление, на порядок величины больше. Объем расплавленного вещества превосходит объем метеорита в несколько сотен раз, а количест-

во испаренного вещества в 10—100 раз превышает массу метеорита.

При образовании кратеров диаметром более сотни километров, период сжатия длится больше нескольких секунд. В течение этого времени в определенной области сохраняется давление свыше нескольких мегабар — природа ставит эксперимент, который люди пока поставить не могут.

В качестве грубой оценки можно принять, что при скорости соударения около 20 км/с диаметр кратера D (метры) связан с массой кратерообразующего метеорита m (кг) формулой:

$$\lg D = 0,3 \lg m$$

(килограммовый метеорит формирует метровый кратер).

Отношение «глубина / диаметр» для молодых, не слишком больших кратеров (таких, которые можно считать образующимися в однородной плоской мишени) составляет 1/3—1/5. Если на глубине, сравнимой с глубиной кратера, характеристики мишени ощутимо изменяются, строение кратера усложняется: появляются центральные горки, иногда поднимающиеся выше вала кратера, затем и кольцевые системы. На Луне центральные горки характерны для кратеров диаметром в несколько десятков километров, а кольцевые системы — для кратеров диаметром в сотни километров и более. Отношение «глубина / диаметр» для таких кратеров существенно меньше.

Работавшие на Луне сейсмографы показали, что на 1 км² лунной поверхности в год выпадает N метеоритов, имеющих массу больше m кг:

$$\lg N = -5,1 - 1,16 \lg m$$

(Данные относятся к метеоритам массой от 100 г до 1000 кг.) Иными словами, за 100 000 лет на 1 км² лунной поверхности выпадает один метеорит массой больше 1 кг. В прошлом этот поток, по-видимому, был интенсивнее.

В лунных условиях образование метрового кратера завершается затуханием сейсмических колебаний, вызванных ударом метеорита, то есть в течение десятка или нескольких десятков минут. Если этот кратер не будет уничтожен при каких-либо катастрофических событиях, он просуществует миллионы лет.



Как изучают сейсмические толчки, происходящие под водной толщей Мирового океана! О развитии различных методов их регистрации в нашей стране и за рубежом рассказывается в этой статье.

ОЧАГИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ОКЕАНСКОМ ДНЕ

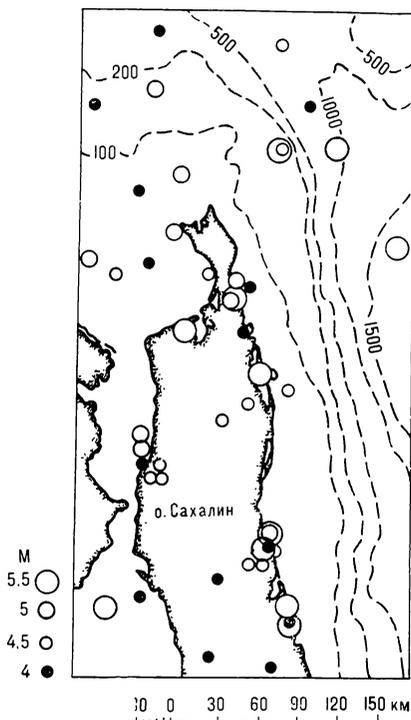
Под водами океанов и морей скрыто 85% очагов землетрясений. Поэтому, казалось бы, сейсмология должна быть преимущественно морской наукой. Однако пока она продолжает оставаться наукой наземной. Исследования, опирающиеся на донные наблюдения, составляют несколько процентов от всех сейсмологических работ. Вместе с тем морская сейсмология набирает силу. В ней наметилось несколько основных направлений, включающих, например, изучение внутреннего строения Земли, причин и закономерностей сейсмического процесса, его связи с общей эволюцией Земли, прогноз сейсмичности. Ни по одному из этих направлений нельзя добиться успеха, не проводя долговременных наблюдений на акваториях. Приведем два примера.

Первый относится к изучению эволюции Земли. Согласно теории литосферных плит, вдоль окраин Тихого океана происходит поддвиг океанской литосферы под континентальную. Зоны поддвига сейсмологи впервые обнаружили в виде тонких, но

Сейсмологические измерения на океанском дне

протяженных (в сотни и тысячи километров) слоев, уходящих под островные дуги, а иногда и под материки на глубину до 700 км. В них и сосредоточены сейсмические очаги. Внутреннее строение этих сейсмофокальных слоев пока плохо известно из-за погрешностей определений гипоцентров землетрясений: они достигают 30 км, а это и есть примерная толщина сейсмофокального слоя. В теории поддвига, разрабатываемой в Институте океанологии АН СССР, предсказываются определенные поверхности деформаций под склоном глубоководного желоба, к которым, вероятно всего, и приурочены сейсмические очаги. Редкостный случай в сейсотектонике, когда теория опережает наблюдения! Но тут нужна проверка, а она невозможна без установки на этом склоне системы донных сейсмографов на длительный срок. Проведение такого сложного и дорогостоящего эксперимента не исчерпывается только чисто научным интересом — проверить теорию эволюции Земли. Без него просто невозможно построение надежной сейсотектонической схемы Курило-Камчатской зоны, необходимой для практических нужд, например, цунамирайонирования Тихоокеанского побережья СССР.

Второй пример связан с сейсмическим районированием шельфа страны, где начинают добывать нефть и газ. Несколько промышленных месторождений готовятся к эксплуатации на северо-восточном шельфе Сахалина, а там за 50 последних лет зарегистрировано 8 землетрясений, более сильных, чем Ташкентское 1966 года. Ясно, что строительству сложных, дорогостоящих и опасных для экологии



Расположение очагов землетрясений, зарегистрированных на севере острова Сахалин и вблизи него за последние 50 лет. Больше половины очагов скрыто под водной толщей. Кружками разной величины обозначены очаги с различной магнитудой

Охотского моря сооружений должно предшествовать детальное сейсмическое обследование шельфа.

РЕГИСТРАЦИЯ ПОДВОДНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Радиобуи, оснащенные гидрофонами, интенсивно используются в нашей стране и за рубежом для морских сейсморазведочных работ. Эпизодически они применялись и для регистрации микроземлетрясений. Например, в 1967 году в рейсе «Академика Курчатова» в Индийском океане заякоренная буйковая станция за четверо суток записала почти 500 микроземлетрясений. Американские исследователи в 1972—1974 годах более десятка раз использовали заякоренные, а в основном дрейфующие буи для регистрации роев микроземлетрясений и последующих толчков сильных землетрясений, в том числе употребляли буи, разработанные для обнаружения подводных лодок. В нашей стране комплект радиобуев для сейсмологических наблюдений разработан в специальном конструкторском бюро Сахалинского комплексного научно-исследовательского института Дальневосточного научного центра АН СССР (Сахалинский КНИИ).

Регистрируются землетрясения и подводными кабельными системами, оснащенными гидрофонами и сейсмодатчиками. Такие работы начались в США сразу после второй мировой войны. В Атлантике были созданы экспериментальные установки на островах Бермуда и Антигуа, в Тихом — станции, расположенные на атоллах центральной части океана, на Гавайских островах и в Калифорнии. В мае 1966 года в 200 км от Сан-Франциско на глубине 3900 м Ламонтская геологическая обсерватория установила донную кабельную гидрофизическую станцию, проработавшую больше шести лет.

В Советском Союзе опыты по регистрации землетрясений подводными кабельными системами проводились на гидрофизической обсерватории «Шикотан», организованной Сахалинским КНИИ в начале 60-х годов. Интересная кабельная система создается японцами, в первую очередь для прогноза сильного землетрясения в районе Токио. От восточного побе-

режья страны будут проложены пять подводных коаксиальных кабелей длиной до 100—400 км. В каждом закладывается до шести промежуточных трехкомпонентных сейсмометров с полосой частот 2—20 Гц и один более низкочастотный оконечный, совмещенный с регистратором цунами. Эта кабельная система еще не закончена, но первая линия — к юго-западу от Токио — введена в строй в 1978 году.

АВТОНОМНЫЕ ДОННЫЕ СТАНЦИИ

Первые попытки наблюдений с помощью автономных донных сейсмостанций были предприняты в США, Японии и СССР уже давно, но по разным причинам не получили развития. Серьезный толчок этим работам дала проблема распознавания подземных ядерных взрывов. В 1960 году Министерство обороны США по проекту «Вела-Униформ» выделило значительные средства для выяснения того, насколько океанское дно предпочтительнее для размещения станций по обнаружению взрывов. В результате было создано около десятка различных устройств, с помощью которых осуществили наблюдения в Тихом, Атлантическом и Северном Ледовитом океанах. Устройства эти не были, конечно, совершенными, но многие разработки представляют интерес и теперь. Так, впервые осуществлялась телеметрическая передача информации по гидроакустическому каналу.

«Лебединой песней» проекта «Вела-Униформ» стал Курильский эксперимент (обошедшийся в 900 тыс. долларов) в 1966 году, когда удалось осуществить десять наблюдений длительностью от пяти суток до месяца в глубоководном желобе вдоль южной части Курильской гряды. Результаты американских наблюдений были обработаны, главным образом в Сахалинском КНИИ, и позволили построить модель сейсмофокального слоя, отличающуюся от существовавшей ранее.

Замеры на дне разных океанов и морей показали, что там уровень шума и отношение сигнала к помехе примерно такие же, как на суше. Пос-

ле этого финансирование экспериментов такого рода было закрыто и работы по морской сейсмологии в США почти полностью прекратились.

В середине 60-х годов сотрудники Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова под руководством профессора Л. Н. Рыкунова создали донный сейсмограф, состоящий из цилиндрического приборного контейнера, якоря, капронового соединительного фала и поверхностного сигнального буйа. Прибор быстро «взяли на вооружение» специалисты по глубинному сейсмическому зондированию в институтах Академии наук СССР. За прошедшие годы, конечно, изменились детали прибора, но принцип погружной системы и приемно-регистрирующего тракта сохранился. Сейчас применяются различные модификации этого прибора. Приемно-регистрирующий тракт станции состоит из сейсморазведочных датчиков на кардановом подвесе, входного малозумящего каскада, усилителя мощности, рулонного или кассетного лентопотяжного механизма, блока времени, питания.

Регистрация землетрясений в океане станциями подобного типа велась в СССР, как правило, попутно с глубинным сейсмическим зондированием. При этом был получен ряд ценных результатов, например, экспедиция Института океанологии АН СССР в 1977 году обнаружила высокую сейсмичность впадины Хесса в районе Галапагосских островов. Специальных же экспериментов на дне океана за последние полтора десятка лет в СССР было не так уж много. К ним можно отнести записи в 1967 и 1972 годах микроземлетрясений в желобе Витязя на Аравийско-Индийском хребте, проведенные группой МГУ; совместный эксперимент Сахалинского КНИИ и Института физики Земли АН СССР в 1975 году по регистрации землетрясений восточнее острова Итуруп на подводном плато Витязя; работы МГУ в 1980 году в Атлантике на разломе Вима Срединно-Атлантического хребта; совместный эксперимент МГУ и Института вулканологии АН СССР в 1981 году по регистрации землетрясений на стыке

Курило-Камчатского и Алеутского глубоководных желобов; наблюдения сотрудников Института океанологии АН СССР в этом же районе в 1982 году.

Много внимания донной сейсмометрии и сейсмологии уделяется в Японии. В 60-х и 70-х годах специалисты Института изучения землетрясений Токийского университета разработали около десятка конструкций донных сейсмографов, сначала тяжелых донно-буйковых, а затем самовсплывающих. Они провели около двадцати сейсмологических наблюдений в океане, но особый интерес представило изучение сейсмичности океанского склона глубоководного желоба Хонсю, который оказался сейсмически более активным, чем это следовало из наблюдений островных станций.

В конце 60-х годов донный сейсмограф системы МГУ заимствовала другая группа японских специалистов и использовала его вплоть до последнего времени. На дне океана приборный контейнер сейсмографа глубоко погружался в рыхлый грунт. В результате снижались наведенные шумы и можно было регистрировать слабые сигналы с больших расстояний. Подобные приборы позволили провести в 1973—1980 годах в Тихом океане наблюдения на шести протяженных профилях (до 1700 км), на концах которых производились искусственные взрывы или регистрировались землетрясения. В итоге появились «скоростные» разрезы верхней мантии Земли до глубины ниже 60 км, и по обнаруженной разности скоростей упругих волн в меридиональном и широтном направлениях была выдвинута гипотеза о сильной анизотропии верхней мантии Земли.

Достижения специалистов СССР и Японии и бурное развитие тектоники литосферных плит, потребовавшее проверки основополагающих гипотез экспериментами с чувствительными сейсмографами, дали новый стимул к развитию донной сейсмологии и в других странах. Сначала в Англии, а затем в США и Канаде были созданы конструкции глубоководных самовсплывающих донных сейсмографов. Конструкции автономных станций ре-

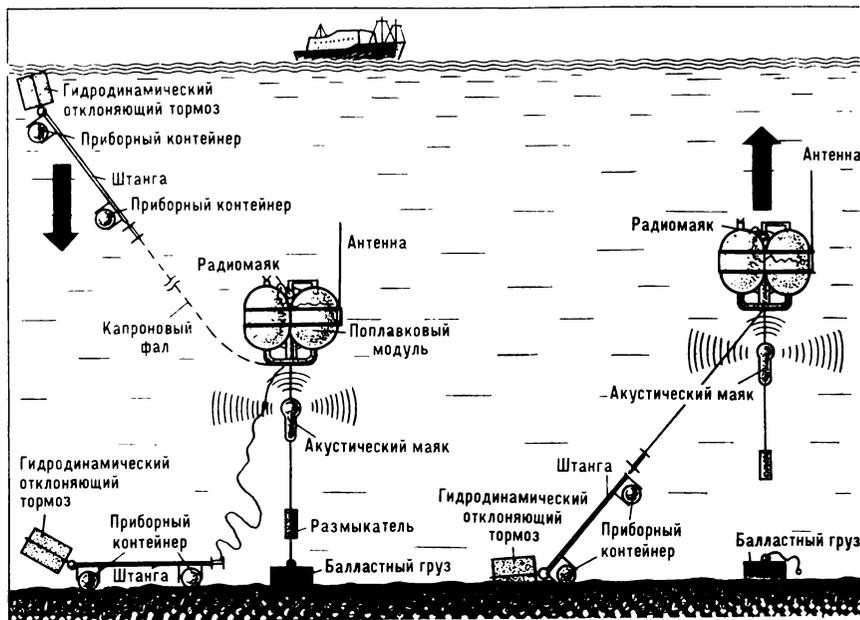
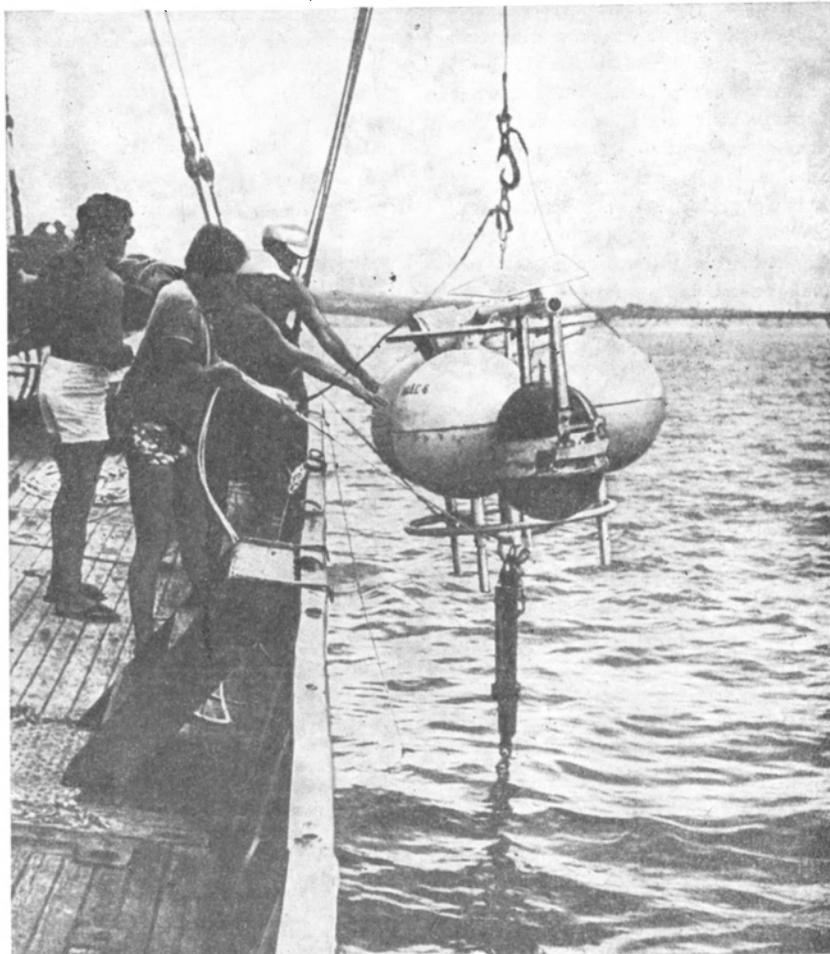
*Спуск на воду станции МАДС-6.
Геленджик, 1980 год*

шались по-разному. В одних применялись сферические приборные контейнеры диаметром 60—70 см, обладающие хорошей плавучестью, в других использовались цилиндрические контейнеры, ориентированные горизонтально либо вертикально.

Контейнеры изготовлялись преимущественно из алюминиевых сплавов, что обеспечивало глубину погружения до 6000 м. Имея анодированную и, в защитных целях, хорошо окрашенную поверхность, они способны противостоять коррозии и целый год находиться под водой в рабочем состоянии. В качестве балласта для прибора использовались отделяемые стальные подставки в виде плит, треног, иногда с заостренными ножками или с утяжеленными свинцом подпятниками, а также бетон, чугун, свинец. Для того, чтобы легче было обнаружить всплывшую станцию, ей обычно придаются гидроакустический маяк-пинджер, радиомаяк и проблесковое устройство, к тому же она окрашивается флюоресцирующей краской, снабжается ярким флагом и уголковым отражателем.

Способом регистрации сейсмических явлений на автономных станциях служит магнитная запись (попытки записывать на кинолентку не принесли успеха). Более чем на половине таких станций применяется прямая аналоговая запись, дающая наибольший объем информации.

Несовершенство описанных автономных донных сейсмических станций, их дороговизна и громоздкость не позволили ни одной из конструкций получить широкое распространение — каждая изготовлялась в еди-



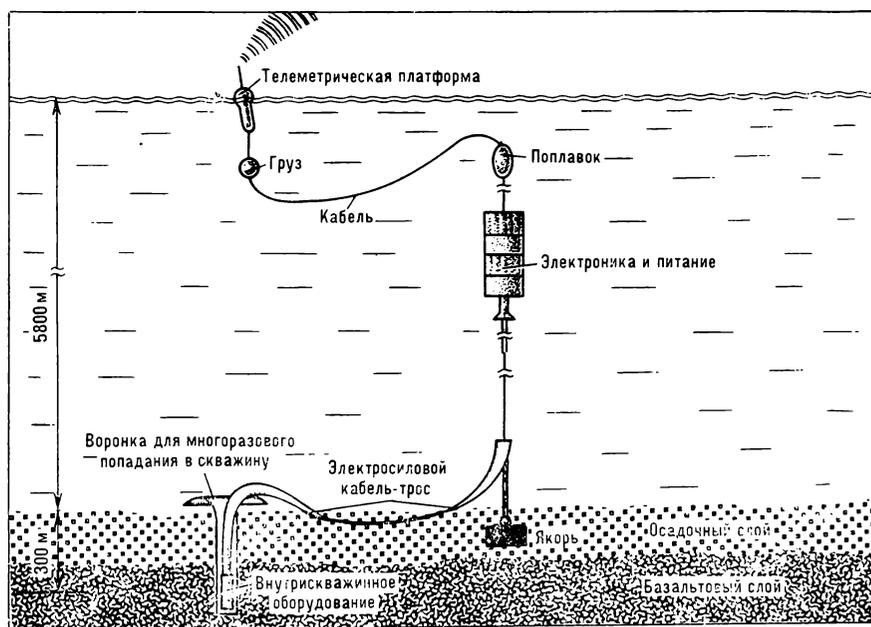
*Процесс работы станции МАДС-6.
Станция опускается на дно,
сначала его достигает груз
е поплавком, затем штанга
с приборными контейнерами.
При всплытии станции
разгоняется поплавковый модуль,
затем через соединительный фал
от дна отрывается штанга
с приборным контейнером*

нических экземплярах. Правда, некоторую полезную службу они сослужили — с их помощью в 1972—1980 годах удалось провести несколько экспериментов на срединно-океанических хребтах в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах. И хотя дальше определения места и уровня сейсмичности дело не пошло, все же сумели сделать заключение о большей сейсмичности крупных поперечных разломов земной коры по сравнению с рифтовыми долинами.

СТАНЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Качественный скачок произошел в конце 70-х годов, когда американская фирма «Бентос» стала выпускать легкие и сравнительно дешевые глубоководные контейнеры, представляющие собой две соединяемые полусферы из специального боросиликатного стекла. Вся станция с этим контейнером весит 60—70 кг, а возвращаемая капсула с оборудованием — всего 30—40 кг. Такие приборы начали изготавливать и применять в университете штата Техас (США) и университетах Токио и Хоккайдо (Япония), и уже не единицами, а десятками. Эксперименты с этими приборами стали проводиться в зонах островных дуг, где сейсмичность предельно высока.

С учетом новых требований к постановке экспериментов в СССР и за рубежом стали создавать погружные системы с выносным сейсмоприемником. Интересная погружная система МАДС-6 разработана в Институте океанологии АН СССР. Она включает штангу с двумя подвешенными эллипсоидными приборными контейнерами и носитель, состоящий из рамы, поплавкового модуля — сферопластика, гидроакустического размыкателя, балласта, средств обнаружения. Погружаясь, станция создает гидродинамический поток, снимающий штангу с носителя и благодаря отклоняющему крылу относящий ее в сторону на длину соединительного фала. При всплытии станции сначала разгоняется поплавковый модуль, который рывком отрывает контейнер от дна или вырывает его из рыхлых осадков. Испытания станции проводи-



Одна из схем работы погружного сейсмоприемника, укрепленного в скважине океанского дна, пробуренной с судна «Гломар Челленджер». По кабелю сейсмологическая информация поступает в блок электроники, а затем доставляется на телеметрическую платформу. Оттуда информация передается на искусственный спутник Земли

лись в Геленджике в 1980 и 1981 годах с борта судна и с использованием подводного обитаемого аппарата «Аргус» в Тихом океане в 1981—1982 годах.

Первая система полностью погруженных под уровень дна сейсмометров (они помещаются в скважинах на морском дне) создана на шельфе Калифорнии в проливе Санта-Барбара на глубине 100 м. Служит она для слежения за «сейсмической жизнью» нефтепромыслового района. Пять сейсмометров погружены в осадки на 2—5-метровую глубину. Сигналы от них по проводным каналам поступают на одну из буровых платформ, а оттуда в береговой центр обработки.

Идея погружных сейсмоприемников наиболее последовательно отражена в специальном проекте Мини-

стерства обороны США, в котором используются для наблюдений глубокие скважины, сотнями пробуренные в ложе Мирового океана с судна «Гломар Челленджер». Сейсмоприемники, установленные в скважинах, должны работать непрерывно несколько лет. В толще воды размещается система с нейтральной плавучестью, куда поступают и где обрабатываются сигналы от приемника. Полезная информация сбрасывается сеансами через поверхностный радиобуй и по космическим каналам связи поступает на центральный наземный пункт.

ПЕРСПЕКТИВЫ

В последние несколько лет выявились новые тенденции в развитии морских сейсмологических работ. Теперь стали преимущественно использовать относительно дешевые контейнеры из боросиликатного стекла взамен дорогостоящих из алюминиевых сплавов. Поэтому стал реальным переход от наблюдений в отдельных точках (одна — три донных станции) к наблюдениям на больших площадях дна (расстановка десятка станций). В ближайшие задачи морской сейсмологии входит создание автоном-

ных донных станций с выносным (откидным) блоком сейсмоприемников и помещением его в скважины, пробуренные на дне океана, а также повышение автономности работы станций до нескольких месяцев или целого года. Сейчас специалистов-сейсмологов стали интересовать не столько рифтовые структуры, расположенные на относительно слабосейсмичных срединно-океанических хребтах, сколько высокосейсмичные зоны субдукции, где интенсивно взаимодействуют литосферные плиты. Зоны эти расположены преимущественно по окраинам Тихого океана. Кроме того, теперь большое внимание уделяется измерениям ускорений морского дна при сильных землетрясениях, поскольку это необходимо для проектирования морских буровых платформ.

Ближайшей задачей морских сейсмологов нашей страны, как это представляется автору статьи, мог бы стать большой Курило-Камчатский эксперимент с расстановкой максимально возможного числа донных сейсмографов на большой площади, преимущественно на островном склоне глубоководного желоба. Протяженность желоба в пограничных водах СССР — 1800 км и ширина сейсмоактивной зоны порядка 180 км. При соблюдении разумного расстояния между станциями в 30—40 км для такого эксперимента потребуется около 300 одновременно работающих донных сейсмографов. В полной мере пока это нереально, но эксперимент с охватом половины зоны можно было бы провести в ближайшие годы. Он, вне всякого сомнения, дал бы принципиально новый и важный материал и мог бы стать первой крупной вехой на современном этапе морских сейсмологических исследований.

Доктор физико-математических наук
А. Д. ДАНИЛОВ



Аэрономия сегодня

Словом «аэрономия» применительно к особой области науки стали пользоваться в начале 60-х годов. Каковы проблемы, стоящие перед этой молодой наукой при изучении нижних слоев атмосферы? Какое место занимают аэрономические исследования в Международной программе изучения средней атмосферы!

Точно определить «день рождения» какой-либо области науки всегда трудно. Справедливо это и в отношении аэрономии — науки о строении и физике верхней атмосферы. И все же можно говорить, что сейчас мы отмечаем ее 20-летие. Считается, что термин «аэрономия» в его сегодняшнем понимании ввел бельгийский ученый М. Николе, который написал и первую книгу по аэрономии.

Что же это за наука? Где проходит граница между ней и метеорологией? Должна ли аэрономия включать такие проблемы, как, например, приливы и ветры, потоки микрометеоров, распространение радиоволн? Однозначных ответов на все эти вопросы пока нет. Исследования верхней атмосферы и околоземного космического пространства идут в последнем десятилетии бурными темпами. Накапливается экспериментальный материал, обнаруживаются новые явления, возникают целые новые области исследований. В этих условиях номенклатура наук и их разделов просто не успевает «устояться».

ЗАГАДОЧНАЯ ОБЛАСТЬ *D*

Ионизованная оболочка Земли — ионосфера — в целом изучена достаточно хорошо (Земля и Вселенная, 1981, № 5, с. 42.— Ред.). Особенно это относится к ее области, лежащей выше 90—100 км. Самой же нижней ее части, области *D*, уже много лет в научно-популярной литературе присваиваются эпитеты «таинственная», «загадочная». В чем же дело?

Мы живем в век радио. Оно играет огромную роль: радиосвязь, радиолокация, радионавигация... Ионосфера — как раз та среда, где радиоволны, распространяясь, преломляются, поглощаются, отражаются. Еще два-три десятилетия назад специалистов интересовал почти исключительно главный ионосферный максимум концентрации заряженных частиц (на высоте около 250—300 км в области *F*), поскольку именно там отражаются волны коротковолнового диапазона. Теперь радиоспециалисты начали интересоваться более низкими областями. Дело в том, что длинные и сверхдлинные радиоволны «не поднимаются» выше 100 км, а распространяются, многократно отражаясь от области *D* и поверхности Земли. Распространение средних волн также зависит от условий в области *D*.

Во время нарушения ее обычного состояния (возмущений) поглощение радиоволн в этой области может в десятки раз возрастать. Примером такого рода возмущения служит явление зимней аномалии поглощения радиоволн. Состоит оно в том, что иногда зимой радиоволны начинают сильно поглощаться, правда, не на всем зимнем полушарии Земли, а



Укрывшись за «стеной» сложной системы положительных и отрицательных ионов, ионосферная область *D* долгое время была недоступна исследователям.

только в средних широтах. В последние годы удалось доказать, что рост поглощения радиоволн во время зимней аномалии связан с увеличением концентрации электронов в области *D* на высоте 75—85 км.

Существуют и другие типы возмущений (например, солнечное рентгеновское излучение, потоки энергичных протонов и электронов), изменяющие характеристики области *D* и, следовательно, условия распространения радиоволн разных диапазонов. Очевидно, что для прогнозирования этих условий необходимо

иметь четкую картину строения области *D* и тех физических процессов, которые в ней происходят. Картина эта, к сожалению, пока далека от полноты, почему и называют область *D* «таинственной» и «загадочной».

СКОЛЬКО ОКИСИ АЗОТА?

Общие закономерности изменения с высотой давления, плотности, температуры и концентрации основных нейтральных составляющих атмосферного газа, а также концентрации основных заряженных частиц известны достаточно надежно. В то же время многие «малые составляющие» атмосферы изучены еще слабо. «Малыми» они называются потому, что мала их концентрация по сравнению с основными компонентами (N_2 , O_2), но отнюдь не потому, что мала их роль в тех или иных физических процессах.

Пожалуй, лучшим примером такой

«малой компоненты», породившей большие проблемы, служит окись азота NO . Количество ее молекул на высоте 70—130 км в миллионы раз меньше количества молекул азота. И тем не менее окись азота играет здесь важную роль, она — главный поставщик электронов в нижней атмосфере (в областях *D* и *E* количество электронов прямо зависит от концентрации окиси азота). А ведь электронная концентрация — едва ли не самый важный ионосферный параметр.

«Малые составляющие» трудно регистрировать. Основной прибор для измерения состава газа, масс-спектрометр, здесь не годится — не хватает чувствительности. Поэтому для определения концентрации окиси азота используют оптику: регистрируют солнечное излучение в полосах поглощения молекулы NO в ультрафиолетовой области спектра. Измеряя это поглощение, вычисляют затем количество NO на различных высотах. Но в этой методике есть свой «подводный камень» — трудно учесть фон рассеянного солнечного излучения. Так что практически единственный метод прямых определений окиси азота в верхней атмосфере достаточно надежен. Результаты экспериментов, которыми пользовались при расчетах, приходилось через много лет пересматривать заново. Так было со знаменитыми измерениями американского специалиста Л. Мейра, сделанными в 1971 году. Больше десяти лет они считались эталонными для спокойных условий, применялись для аэрономических расчетов. Теперь для спокойных среднеширотных условий принимают в 2—3 раза более низкие значения.

А что происходит в области *D* во время различных возмущений? Каковы концентрации NO в полярных областях? На эти вопросы пока нет однозначных ответов. Так, известно, что во время зимней аномалии количество NO на высоте 80—100 км увеличивается. Оптические измерения говорят: оно возрастает примерно в 2—3 раза, косвенные же оценки дают значительно большее увеличение — от одного до двух порядков величины.

Не вполне ясна и картина изменения количества NO с широтой. Окисл азота активно образуется при вторжении в атмосферу корпускулярных потоков. Поэтому в высоких широтах, для которых характерны такие потоки, ионосферные области *D* и *E* будут богаче молекулами NO, чем в средних, где таких потоков нет. И действительно, во время полярного

Сколько же молекул окиси азота на высотах области D?

Профиль 1 — распределение NO, которое считали верным для спокойных условий в течение почти 10 лет. Профиль 2 — то же с учетом современных поправок на рассеянное излучение. Иногда наблюдаются и очень низкие значения NO (профиль 3). В аномальные зимние дни количество NO аведомо выше, чем в спокойных условиях (профиль 4 или 5)

сияния удалось зарегистрировать **очень высокую концентрацию NO** на высоте 100 км. Но это было в одном единственном эксперименте и больше ни разу не подтвердилось. Дистанционные же наблюдения с американского спутника «Атмосферик Эксплорер» дают увеличение NO в области *E* от средних широт к полярным всего в 2—3 раза. В то же время косвенные оценки свидетельствуют в пользу более сильного — примерно на порядок величины — изменения NO при переходе от средних широт к высоким.

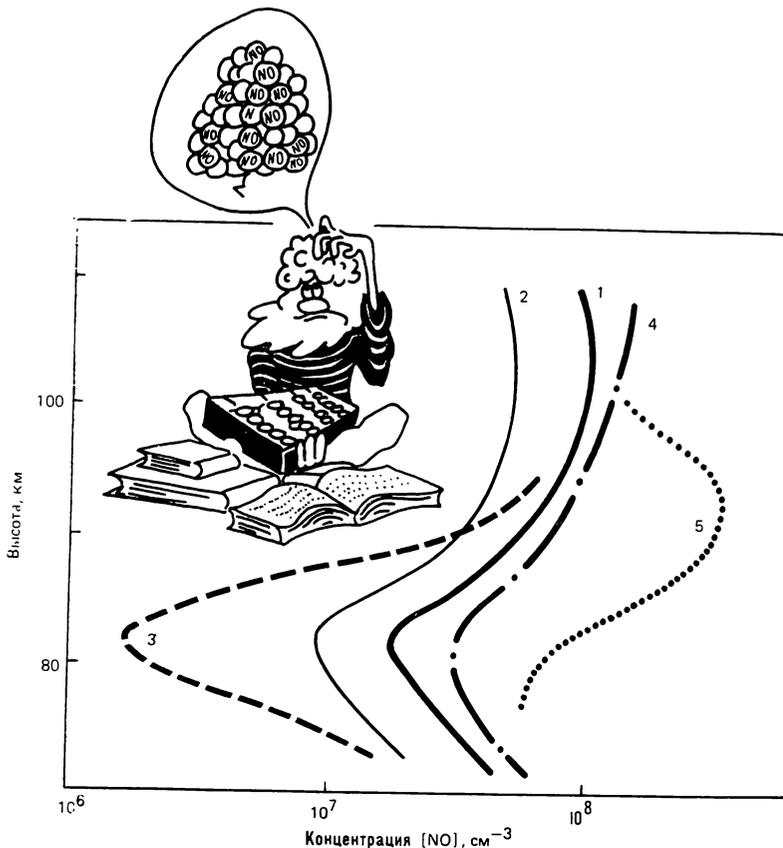
ЭЛЕКТРОНЫ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ИОНЫ

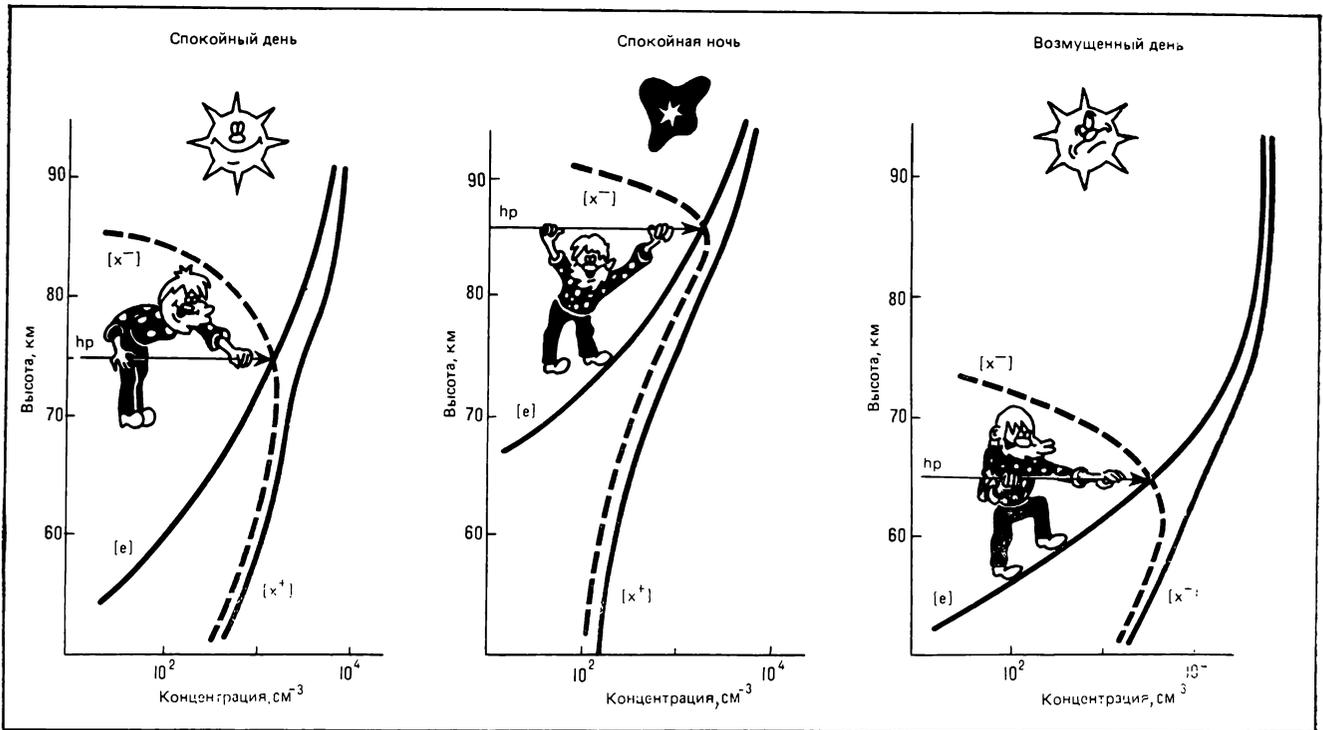
В качестве другого примера аэрономической проблемы, связанной с исследованием структуры атмосферы, можно привести изучение **отрицательных ионов** в нижней части области *D*. Один из главных параметров этой области, важный для прикладных вопросов (он определяет соотношение между концентрацией электронов и отрицательных ионов), известен пока плохо. Дело в том, что

в области *D*, как ни в какой другой, «уживаются» все три типа заряженных частиц — положительные ионы, электроны и отрицательные ионы. Последние образуются в результате прилипания электронов к нейтральным молекулам, количество которых растет с уменьшением высоты и в области *D* уже достаточно велико.

Ионосферная плазма нейтральна: концентрация положительных ионов равна в ней сумме концентраций отрицательных ионов и электронов. Но поскольку на распространение радиоволн влияют главным образом электроны, то для прикладных задач важно знать соотношение между количеством электронов и отрицательных ионов внутри их суммарной концентрации на каждой высоте. На сегодняшний день известно, что при всех условиях на высоте 50 км и ниже доминируют отрицательные ионы и концентрация электронов мала, а, скажем, на высоте 90 км пренебрежимо малым становится количество отрицательных ионов и доминируют электроны. А на какой высоте располагается уровень, на котором концентрация электронов и положительных ионов сравниваются (высота h_p) и как эта высота изменяется в зависимости от условий (день, ночь, возмущение)? До сих пор здесь нет полной ясности. Трудности опять-таки связаны с отсутствием надежных методов измерения.

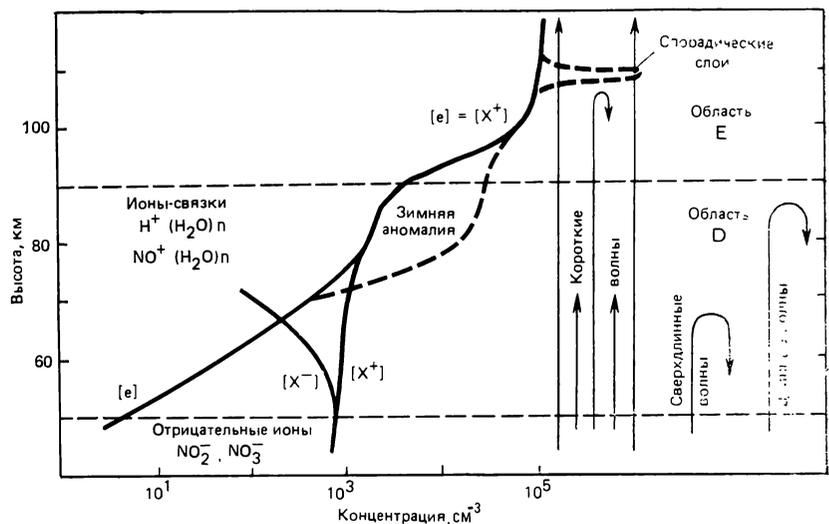
В зависимости от оценок зондовых измерений в последние 10—15 лет менялись и оценки высоты h_p . Так, в начале 70-х годов бытовало представление о том, что h_p располагается достаточно высоко и отрицательные ионы даже днем доминируют вплоть до высоты 80—85 км. Сейчас считают, что высота h_p , скорее всего, меньше и днем она не превосходит 70 км. В этом случае в дневной области *D* роль отрицательных ионов становится малой. Меняются условия — меняется соотношение между количеством отрицательных ионов и электронов. Так, ночью, когда солнечное излучение перестает разрушать отрицательные ионы, их роль должна возрастать, а во время возмущений (солнечные вспышки, вторжение солнечных протонов в поляр-





Очень важный параметр области D — высота h_p , где сравниваются концентрации электронов $[e]$ и отрицательных ионов $[X^-]$. Так сильно она может изменяться в зависимости от условий

Хотя концентрации электронов в области D существенно меньше, чем в области E (а тем более в области F), область D сильно влияет на распространение радиоволн, частично поглощая короткие волны и отражая длинные и сверхдлинные



ные области), наоборот, — уменьшаться. Соответственно растет или падает величина h_p . Эти ее колебания самым драматическим образом влияют на распространение радиоволн, поскольку при том же уровне ионизации количество свободных электро-

нов в области D будет изменяться. Очень важно знать также химический состав отрицательных ионов. Но, к сожалению, из-за тех же методических трудностей измерения этого состава немногочисленны, а их результаты во многом противоречивы.

Ясны лишь общие закономерности: наряду с относительно простыми ионами вроде O_2^- , CO_3^- , NO_2^- в области D существуют и сложные ионы-связки типа $NO_3^-(HNO_3)$; $NO_2^-(HNO_2) \cdot H_2O$, причем особую роль они приобретают в нижних частях области D.

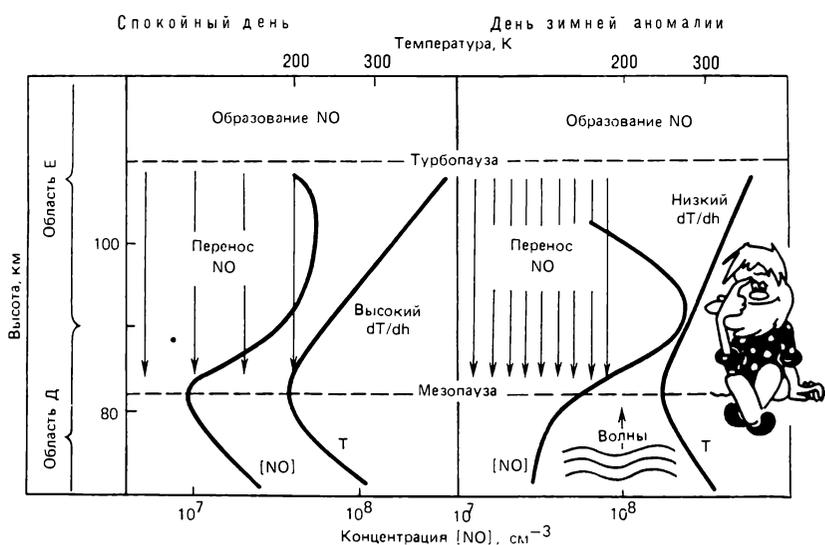
ЧТО ВЫЗЫВАЕТ ЗИМНЮЮ АНОМАЛИЮ?

Как бы ни были важны и интересны вопросы, связанные со структурой атмосферы, специалиста-физика, конечно, больше привлекают проблемы, где приходится изучать процессы, ответственные за то или иное явление. При этом за понятием «физические процессы» может стоять целая совокупность воздействий, относящихся, например, к химическим реакциям, крупномасштабной динамике атмосферы, влиянию волнового или корпускулярного излучения. Пожалуй, наиболее яркий пример такой проблемы — зимняя изменчивость ионосферной области *D*.

Мы уже говорили об интересном явлении — зимней аномалии поглощения радиоволн в нижней ионосфере. В последние годы (при активном участии советских ученых) разработана концепция «метеорологического контроля» области *D*. Суть ее в том, что область *D* — результат действия аэрономических процессов (ионизации солнечным и космическим излучением) — в то же время контролируется «метеорологической обстановкой», то есть изменением таких характеристик, как температура, влажность, ветер в стратосфере и мезосфере.

Наиболее четко метеорологическое влияние видно на примере сезонных различий электронной концентрации в *D*-области. Летом при заданной высоте Солнца над горизонтом величина этой концентрации практически одна и та же. Зимой она в среднем в 1,5—2 раза выше, чем летом, и, кроме того, сильно меняется ото дня ко дню. В отдельные зимние дни, как мы уже знаем, концентрация электронов может возрасти в десятки и сотни раз по сравнению с такими же условиями летом.

Исследования последних лет позволили воссоздать стройную картину явления зимней аномалии: увеличение NO приводит к росту скорости ионизации, а значит, возрастает количество электронов, образующихся в одну секунду. Увеличение же температуры замедляет скорость гибели электронов (рекомбинации). В резуль-



В дни зимней аномалии увеличивается перенос NO из области E в область D и возрастает температура атмосферы на высотах 75—85 км

тате оба фактора — рост скорости образования электронов и замедление скорости их гибели — действуют как бы в одну сторону и приводят к наблюдаемому сильному увеличению их концентрации.

«Фотохимическая часть» картины явления зимней аномалии, таким образом, становится ясной. Но все-таки не снимается очень важный вопрос: почему в тот или иной зимний день возрастает и температура, и концентрация NO. Вопрос этот как раз и составляет часть проблемы зимней изменчивости области *D*. Но уже стало хотя бы ясно, что поиск решения тесно связан с анализом различных (в том числе и относительно новых и мало изученных) аспектов динамики атмосферы в целом.

Что может вызвать рост концентрации NO в средних широтах на высоте, где проявляется зимняя аномалия (80—90 км)? Мощных химических источников NO на этих высотах нет, поэтому молекулы окиси азота поступают в область *D* сверху, из области *E*. Роль «транспортных средств» могут играть два процесса — **турбулентная**

диффузия и направленный вниз перенос газа за счет циркуляции.

Существуют и другие гипотезы, с помощью которых объясняют поступление молекул NO в среднеширотную область *D*. Например, эти молекулы могут переноситься в результате горизонтальной циркуляции вдоль меридиана из высокоширотных областей, где при вторжении корпускулярных потоков окись азота образуется даже на высоте области *D*. Другой способ транспортировки — перенос NO снизу из стратосферы за счет все того же направленного (но уже вверх) переноса газа. В каждом из этих механизмов есть одна общая трудность — необходимо объяснить, почему в дни зимней аномалии эффективность механизма резко возрастает и приводит к наблюдаемому увеличению концентрации NO. Такой же вопрос возникает и по поводу происходящего в дни зимней аномалии возрастания температуры. Можно, однако, высказать предположение, что на оба рассмотренных фактора влияет один процесс — диссипация энергии различных волн.

Изучение **волновых процессов в верхней атмосфере** получило бурное развитие в последние несколько лет. О существовании акустико-гравитационных, внутренних гравитационных и планетарных волн в верхней атмосфере свидетельствуют изменения температуры, плотности, электронной концентрации, поведение атмосферных

эмиссий. Но теория распространения этих волн развита слабо. Если предположить, что они рождаются, например, в тропосфере, то каким образом они могут распространяться вверх через стратосферу и мезосферу и доходить до основания термосферы? Каковы оптимальные условия для диссипации (разрушения) этих волн, в какой форме их энергия передается окружающему газу? Все эти вопросы, весьма интересные и важные для аэронауки, имеют прямое отношение к проблеме зимней изменчивости области D. Есть указания на то, что некоторые волны могут проникать на высоту мезосферы только зимой, когда лежащая ниже стратосфера существенно неоднородна. Летом, когда в стратосфере устойчивые слои, проникнуть через нее такие волны не могут. Если это, действительно, так и если именно диссипация энергии волн вызывает рост температуры и усиление турбулентного переноса окиси азота, то становится понятным

хотя бы одно — почему зимняя аномалия наблюдается только зимой.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ПРОГРАММЕ МАП

Все обсуждавшиеся в статье аэронавигационные проблемы оказались связанными с нижней ионосферой. Это тот интервал высот, где сосредоточены сейчас интересные проблемы физико-химии заряженных частиц, крупномасштабной динамики атмосферы, макропроцессов, распределения малых составляющих. Все они тесно переплетены с еще более крупными проблемами планетарной геофизики — глобальным моделированием верхней атмосферы в целом, взаимосвязью различных атмосферных областей, солнечно-атмосферными связями.

Именно поэтому несколько лет назад при активном участии советских ученых был предложен и поддержан всемирными научными организация-

ми крупный международный проект, посвященный исследованию средней атмосферы, — Программа МАП (от английского Middle Atmospheric Program). Задача проекта — объединить усилия специалистов различных стран (их несколько десятков) в изучении средней атмосферы на высоте 10—120 км. Проект активно реализуется — десятки научных институтов (в том числе из СССР и других стран СЭВ) участвуют в осуществлении комплексных экспериментов, разработке и проведении координированных программ наблюдений, направленных на всестороннее изучение этой области атмосферы, в широком обмене результатами наблюдений. Один из разделов работ по этой программе нацелен как раз на изучение зимней изменчивости нижней ионосферы. Можно надеяться, что результаты этих работ в ближайшее время снимут большинство вопросов, поставленных здесь. Но, можно не сомневаться, поставят новые.

СОВЕТСКИЙ НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ МАССА НАЧАЛСЯ

Атмосфера, ионосфера и магнитосфера постоянно взаимодействуют друг с другом. Зондирование каждой из них приносит много важных данных, но наиболее полную информацию дают эксперименты по активному воздействию на одну из указанных областей. В этом отношении перспективны эксперименты с использованием мощных наземных взрывов, которые изменяют свойства самой околоземной плазмы и возбуждают возмущения в приземной атмосфере.

В Институте физики Земли АН СССР в последние годы был разработан проект МАССА (магнитосферно-атмосферные связи при сейсмоакустических явлениях). В его реализации участвовало 15 научных организаций нашей страны. С помощью различных станций ученые исследовали геофизические явления, инициированные мощным взрывом.



Взрыв (238 тонн тринитротолуола) был произведен 28 ноября 1981 года в районе Алма-Аты. При этом почти все средства наблюдений зарегистрировали возмущения геофизических параметров.

Предварительно обработанные результаты эксперимента дали примерно такую картину явления, развивавшегося после взрыва. Возникшая ударная волна на расстоянии около 10 км от центра взрыва трансформируется в звуковую и прослеживается еще на 2000 км. Часть

энергии акустической волны, идущей вверх, захватывается в волновод, затем волна частично отражается на высоте 40 и 100 км, но примерно за 8 мин все же достигает ионосферы. Через 3 мин после взрыва, когда фронт акустической волны доходит до слоя D (60 километров над поверхностью Земли), возникает возмущение с периодом около 1 с. Оно наблюдалось даже в нескольких сотнях километров от взрыва.

Данные эксперимента МАССА в настоящее время продолжают обрабатываться. Но уже сейчас можно заключить, что мощные искусственные взрывы весьма эффективно воздействуют на ионосферу Земли.

Над эпицентром взрыва проходила траектория советско-французского искусственного спутника ОРИЕЛ-3. Данные, которые будут получены с него, позволят более детально представить картину взаимодействия ионосферы и магнитосферы Земли.

Доклады АН СССР, 1983, 269, 3.



Космическая баллистика и управление полетом

На всех этапах создания космической техники, начиная с выбора параметров орбит и кончая получением окончательных данных, перед разработчиками встают задачи, решение которых относится к компетенции космической баллистики.

В создании и эксплуатации космических аппаратов принимают участие специалисты самых различных научных направлений. Важная роль принадлежит представителям космической баллистики. Основная их задача состоит в подготовке данных, обеспечивающих надежное управление полетом. Для ее решения баллистики должны определить параметры движения космического аппарата, спрогнозировать его движение, получить данные для проведения динамических операций (маневров, коррекций, спуска).

Тесная зависимость задач баллистического обеспечения от параметров и целей космической техники сказывается и на характере проблем, возникающих перед специалистами по космической баллистике. Известно, что совершенствование космической техники приводит к усложнению как самих космических аппаратов, так и управления их полетом. Растет число динамических операций, выполняемых космическим аппаратом во время полета, уменьшаются промежутки времени между отдельными операциями, повышаются требования к точности

прогнозирования движения и точности проведения маневров. А это означает, что более сложные баллистические задачи должны решаться за меньшее время, но с большей точностью. Отсюда постоянные проблемы повышения оперативности, точности и надежности решения баллистических задач, связанных с управлением полетом космического аппарата.¹⁾

Что же должны делать баллистики, чтобы обеспечить требуемые оперативность, точность и надежность решения задач управления?

Очевидно: управление можно обеспечить, если известно, куда аппарат должен лететь и куда он летит в действительности. Первая задача определяется назначением аппарата. Для решения второй необходимо измерить параметры движения, то есть провести навигационные измерения. Естественно, что еще на этапе проектирования космического аппарата должны быть выбраны средства для проведения таких измерений, определены точность и объем измерений. Чтобы во время полета космического аппарата по данным навигационных измерений оперативно определить его фактическую орбиту, нужны электронно-вычислительные машины. В настоящее время все баллистические задачи решаются на ЭВМ. Поэтому еще задолго до пуска баллистики разрабатывают набор методов, на их основе составляют программы для решения задач на ЭВМ, отлаживают программы и проводят их контроль, чтобы исключить возможность получения ошибочных результатов.

К моменту пуска набор таких

программ полностью готов, и в период функционирования космического аппарата по навигационным измерениям определяется его фактическая орбита. Сравнение фактической орбиты с требуемой дает баллистикам данные для проведения динамических операций.

Для выполнения динамической операции снова требуется провести баллистические расчеты на ЭВМ. Баллистики разрабатывают необходимые методы и составляют программы для решения задач на ЭВМ еще на этапе подготовки к пуску. В период же полета эти программы используются для определения команд, которые после передачи их на борт космического аппарата обеспечивают требуемую работу всех бортовых средств, участвующих в исполнении данной динамической операции.

И, наконец, после завершения полета баллистики анализируют результаты, полученные на всех этапах работы баллистического обеспечения управления полетом, с целью выработки рекомендаций по его совершенствованию.

Попробуем показать значение космической баллистики в управлении полетом на конкретных примерах. Один из них относится к баллистическому обеспечению управления полетом автоматической межпланетной станции к Луне, а второй — к полету корабля «Союз Т».

Известно, что перед автоматической межпланетной станцией «Луна-9» в 1966 году ставилась задача: впервые осуществить мягкую посадку в заданном районе Луны и передать на Землю телевизионное изображение

ние лунной поверхности (Земля и Вселенная, 1966, № 2, с. 36.—Ред.).

Для достижения цели приняли программу полета, в которой было предусмотрено, что после выведения автоматической станции на промежуточную орбиту искусственного спутника Земли в точке *O* включается реактивный двигатель, переводящий станцию на орбиту перелета в район Луны. Так как при этом требуемая точность встречи станции с Луной не обеспечивалась, то на орбите перелета предусматривалась коррекция \bar{W} (точка *K* на рисунке). Но до коррекции необходимо было определить фактическую орбиту станции. Поэтому на участке перелетной орбиты *AB* наземными радиотехническими средствами проводились измерения, а по данным их обработки определялась орбита и прогнозировалось движение. По величине «промаха» Δ рассчитывалась командная информация на выполнение коррекции, включающая данные на ориентацию станции, величину и направление корректирующего импульса и время включения двигателя. Все эти сведения по командной радиолинии с Земли передавались на борт станции в момент, когда она находилась в точке *C* перелетной орбиты. Следовательно, все расчеты, подготовка командной информации и передача ее на борт

должны были быть проведены за время полета станции на участке *BC*, а на участке *CK* на борту станции выполнялись все подготовительные операции для осуществления коррекции: ориентация, поворот и включение двигателя.

После коррекции дальнейшее движение проходило по скорректированной, отличной от номинальной, орбите. Естественно, что из-за ошибок при выведении, определении орбиты перелета и исполнении последней динамической операции условия подлета станции к Луне отличались от номинальных. Поэтому перед завершающей динамической операцией — торможением — сравнили фактические условия подлета с номинальными и внесли поправки в имеющиеся на борту данные на торможение. Снова пришлось определять фактические параметры скорректированной орбиты. Как и в предыдущем случае, на участке *KD* скорректированной орбиты наземные станции слежения проводили измерения, по результатам обработки которых определялись параметры скорректированной орбиты и прогнозировалось дальнейшее движение. Оказалось, что мягкая посадка может быть выполнена, если запланированный маневр торможения произведи с некоторым сдвигом во времени, изменив величину тормозного импульса. Используя данные измерений, проведенных на участке орбиты *KD*, за время, соответствующее полету станции по орбите меж-

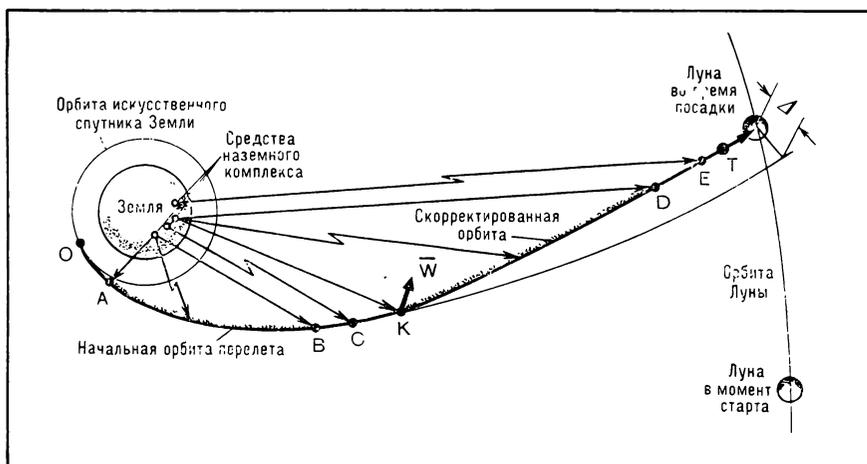
ду точками *D* и *E*, выполнили все необходимые баллистические расчеты, подготовили и передали на борт станции необходимую командную информацию. После проведения на борту всех подготовительных операций был включен тормозной двигатель.

Как известно, мягкая посадка «Луны-9» успешно осуществлена, а на Землю передано телевизионное изображение близлежащего лунного ландшафта.

В качестве другого примера организации управления полетом рассмотрим космическую систему совершенно иного класса, для которой процесс управления ставит перед космической баллистикой более сложные задачи и требует более высокой оперативности их решения. Речь пойдет о космическом корабле «Союз Т». Обратимся к экспедиции «Союза Т-6», на котором в июне-июле 1982 года успешно совершил космический полет международный советско-французский экипаж в составе В. А. Джанибекова, А. С. Иванченкова и Жан-Лу Кретьена. В задачу экспедиции входило проведение научных исследований на долговременной орбитальной станции «Салют-7» (Земля и Вселенная, 1982, № 5, с. 2; 1983, № 2, с. 13, 18.—Ред.).

Итак, надо доставить космонавтов на орбитальную станцию, а после завершения намеченной программы исследований возвратиться на Землю. С точки зрения динамики полета эту задачу нужно было решать, добиваясь минимального расхода топлива и требуемой точности вывода корабля и станции в район встречи. Принятая схема полета оказалась достаточно сложной. Условно все выполненные работы можно разделить на три этапа: **подготовительный**, когда проводился ряд динамических операций для ликвидации некомпланарности (нахождения в разных плоскостях) орбит и формирования орбиты «ожидания», по которой корабль летит, «ожидая» наилучшие условия для проведения очередной динамической операции; **завершающий**, динамические операции которого обеспечивали вывод объектов

Схема полета станции «Луна-9»



в район встречи, их сближение и стыковку; и, наконец, **спуск корабля** на Землю.

Рассмотрим подготовительный этап. Совместить плоскости орбит корабля и станции можно либо маневром корабля при его выводе на орбиту, либо изменяя наклонение орбиты станции. В рассматриваемом нами случае было энергетически выгоднее осуществить маневрирование станции. Поэтому перед стартом «Союза Т-6» скорректировали наклонение орбиты станции. Для проведения такой коррекции на участке полета станции *AB* наземный автоматизированный комплекс управления осуществил измерения, по этим данным определили орбиту «Салюта-7» и рассчитали траекторию движения станции. Зная фактические параметры движения станции и номинальные данные орбиты, на которую должен быть выведен корабль, определили величину корректирующего импульса, его направление и время включения двигателя, чтобы орбиты станции и корабля находились в одной плоскости. Соответствующую командную информацию передали на станцию в точке *C* орбиты, а в

точке *D* уже осуществлялась коррекция \bar{W}_0 . Этим и завершился процесс формирования **монтажной орбиты**. Затем, в расчетный момент, осуществили вывод корабля на начальную орбиту. Теперь задача состояла в переводе корабля на орбиту «ожидания», двигаясь по которой, можно на завершающем этапе двухимпульсным переходом обеспечить встречу корабля и станции на монтажной орбите. Естественно, что переходу на орбиту «ожидания» предшествовали определение орбиты, прогноз движения, разработка командной информации и передача ее на борт. Все это выполнили средства наземного комплекса на участках полета корабля *EF*, *FG* и в точке *G*. Маневрирование осуществлялось в точках *M* и *N* импульсами \bar{W}_1 и \bar{W}_2 . Теперь в каждый момент времени, находясь на орбите «ожидания», корабль был удален от станции на некоторое расстояние, определяемое углом φ .

На завершающем этапе двумя импульсами \bar{W}_3 и \bar{W}_4 нужно было обеспечить встречу корабля и станции на монтажной орбите в районе точки *Q*. Для решения этой задачи орбита «ожидания», точки приложе-

ния импульсов *P* и *Q*, а также параметры коррекций выбирались так, чтобы время движения станции по монтажной орбите на участке *KP* и *PQ*. Следовало, конечно, иметь в виду, что после формирования орбиты «ожидания» до момента проведения маневра корабль и станция успевают совершить несколько полных витков. Перед проведением маневров средствами наземного командного комплекса была подготовлена и передана на борт корабля командная информация. Заключительные операции этого этапа, ближнее наведение и стыковка выполнялись автоматически. На этот раз все основные динамические операции выполнялись за счет маневрирования корабля. Но возможны варианты решения задачи с использованием маневренных возможностей станции.

И, наконец, для реализации последнего этапа наземный комплекс передал на борт данные для проведения спуска. Затем в точке *A* орбиты провели торможение для перевода корабля с космонавтами на

Схема подготовительного этапа

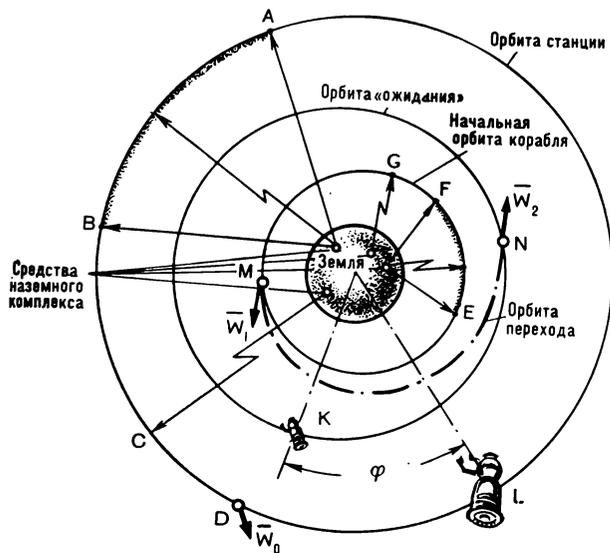
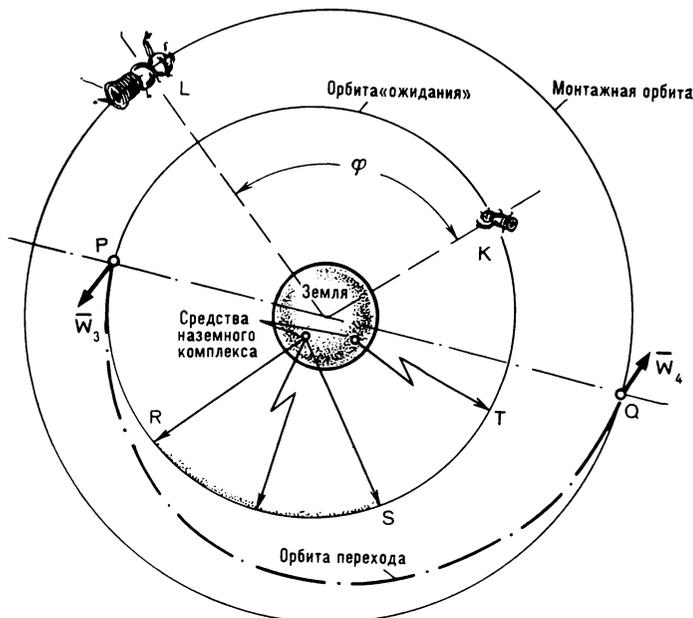


Схема завершающего этапа



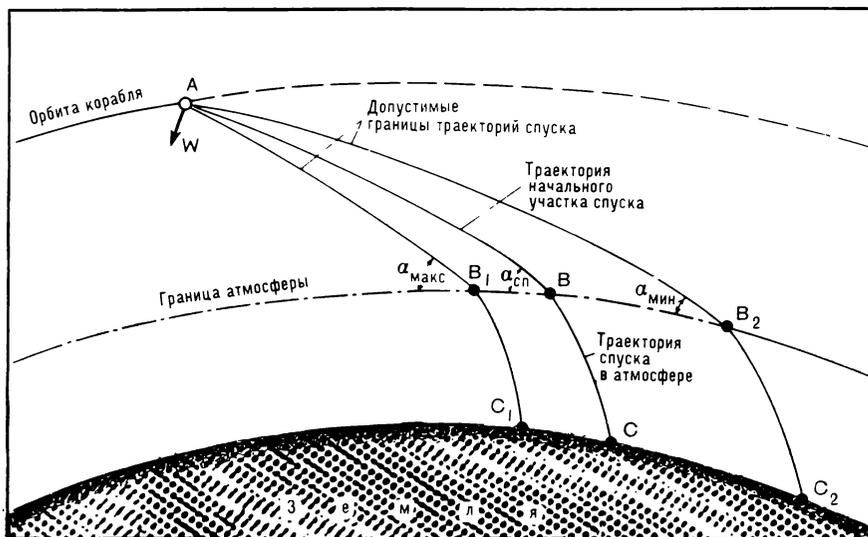


Схема спуска корабля на Землю

орбиту спуска. Чтобы спуск прошел нормально, важно было обеспечить вход спускаемого аппарата в атмосферу (точка В) под углами, не выходящими за установленные границы $\alpha_{\max} > \alpha_{\text{сп}} > \alpha_{\min}$. Одна граница (α_{\max}) соответствует наибольшим допустимым перегрузкам и тепловым потокам, а другая (α_{\min}) — наибольшему допустимому рассеиванию точек приземления, а иногда и предельному нагреву аппарата. Космический корабль «Союз Т-6», как известно, в соответствии с намеченной программой был выведен на орбиту,

затем с помощью средств наземного автоматизированного комплекса управления переведен в район стыковки с космическим комплексом «Салют-7» — «Союз Т-5», а после успешного завершения программы научных исследований на станции «Салют-7» экипаж благополучно приземлился.

Надо отметить, что в изложенной здесь схеме баллистического обеспечения управления полетом рассмотрен лишь вариант, когда все задачи решаются только с помощью наземных средств управления, без участия космонавтов. Но в реальных условиях полета возникают ситуации, в которых роль космонавта в управлении полетом оказывается решающей.

Из примеров видно, как тесно процесс управления полетом связан с космической баллистикой. Анализ рассмотренных схем показывает, что на всех этапах полета необходимо решать разнообразные баллистические задачи: расчет целеуказаний для станций слежения наземного автоматизированного комплекса управления, обработка полученных с радиотехнических станций измерений, определение орбиты и прогнозирование движения, расчет параметров коррекций и маневров. Совершенно ясно, что для решения указанных задач с требуемой точностью уже на этапах, предшествующих запуску, приходится исследовать и решать, какие использовать измерительные средства и как определять характер и объем измерительной информации, допустимый диапазон времени проведения коррекций и маневров.

Кроме того, нужно определить задачи, решаемые автономно в полете, и задачи, которые надлежит решать на Земле. При управлении полетом станции «Луна-9» большинство задач решалось на Земле, а построение лунной вертикали, ориентация оси двигателя, включение высотомера, включение и выключение двигательного устройства и разделение ступеней перед посадкой почти полностью выполнялись автономно. При проведении же экспедиции на «Союзе Т-6» большинство операций управления проводилось с использованием наземных средств.

МЕЖЗВЕЗДНЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОБЛАКА

Американские астрофизики Д. Сандерс, Н. Сковиль, Д. Клеменс и П. Соломон, используя 14-метровый радиотелескоп, наблюдали на частоте 115 ГГц излучение молекул окиси углерода в области Галактики, ограниченной галактической орбитой Солнца. Эти наблюдения позволили определить размеры и массы тысяч облаков межзвездного газа и уточнить их пространственное распределение в Галактике.

Межзвездные облака почти полностью состоят из молекулярного водорода, но в них есть и молекулы



окиси углерода, которые излучают радиодлины в удобном для регистрации диапазоне. Плотность молеку-

лярного водорода в межзвездных облаках практически не зависит от их размера и равна примерно 200 молекулам в 1 см^3 . Диаметр облаков от 10 до 100 пк. Облака меньшей массы преобладают количественно. Почти все облака (около 19 000) находятся в области между 2 и 9 кпк от центра Галактики. Общая масса облаков около $3 \cdot 10^9$ солнечных. Следовательно, каждое молекулярное облако в среднем имеет массу примерно 10^5 солнечных.

Bulletin American Astronomical Society, 1982, 14, 4.



Доктор физико-математических наук
Г. М. НИКОЛЬСКИЙ

Цикличность солнечной активности

Влияние солнечной активности на жизнь и деятельность людей на Земле и в космическом пространстве трудно переоценить. Наблюдение активных областей на Солнце, изучение механизма и прогноз солнечной активности — важная научная и народнохозяйственная задача.

МЕРА АКТИВНОСТИ

Львиная доля оптического излучения Солнца приходится на область спектра, доступную человеческому глазу, — от 400 до 700 нм. Максимум распределения энергии в солнечном спектре (зеленый цвет) совпадает с максимальной спектральной чувствительностью глаза. Возможно, что совпадение не случайно, оно отражает определяющую роль Солнца в жизни на Земле.

Интересно, что поток видимого излучения Солнца не меняется или меняется очень слабо (эти изменения даже не удается достоверно зарегистрировать) в течение длительного времени. Вместе с тем общеизвестно, что «активность» Солнца переменна. Дело в том, что Солнце излучает еще и ультрафиолетовую и рентгеновскую радиацию, а также частицы — ядра атомов и электроны. Эта радиация составляет весьма малую долю общего потока солнечной энергии, но она активно воздействует на верхние слои земной атмосферы.

Внешний вид Солнца также меняется. За короткие промежутки времени (дни, месяцы) на нем появляются и исчезают пятна. Впервые их

наблюдал в телескоп Галилей в 1610 году. Но еще в глубокой древности — начиная с 400, а возможно, и с 800 года до нашей эры — пятна наблюдали невооруженным глазом. Разумеется, и сейчас каждый может увидеть невооруженным глазом солнечные пятна. Лучше всего проводить такие наблюдения при заходе (или восходе) Солнца, когда его блеск сильно уменьшается — ведь излучение преодолевает большую толщу атмосферы. Благоприятствует наблюдениям и сильная запыленность земной атмосферы (например, вулканическим пеплом).

Число солнечных пятен служит основной характеристикой активности Солнца. Это обусловлено доступностью и большой длительностью их наблюдений. Мысль о периодичности числа солнечных пятен впервые высказал любитель астрономии немецкий фармацевт Г. Швабе в 1843 году. Пять лет спустя швейцарский астроном Р. Вольф ввел числовую характеристику пятен. «Числа Вольфа», или «относительные числа пятен» (R), определяются простым выражением:

$$R = k(10g + f),$$

где g — число групп пятен, f — общее число пятен, k — коэффициент, сводящий в единую систему наблюдения, которые проводятся различными наблюдателями на разных телескопах ($k=1$ для линзового телескопа с объективом диаметром 8 см и 64-кратным увеличением).

Вольф статистически обработал имевшиеся к тому времени наблюдения солнечных пятен и доказал, что их относительные числа меняются со средним периодом в 11,1 года. Это циклическое изменение пятнообра-

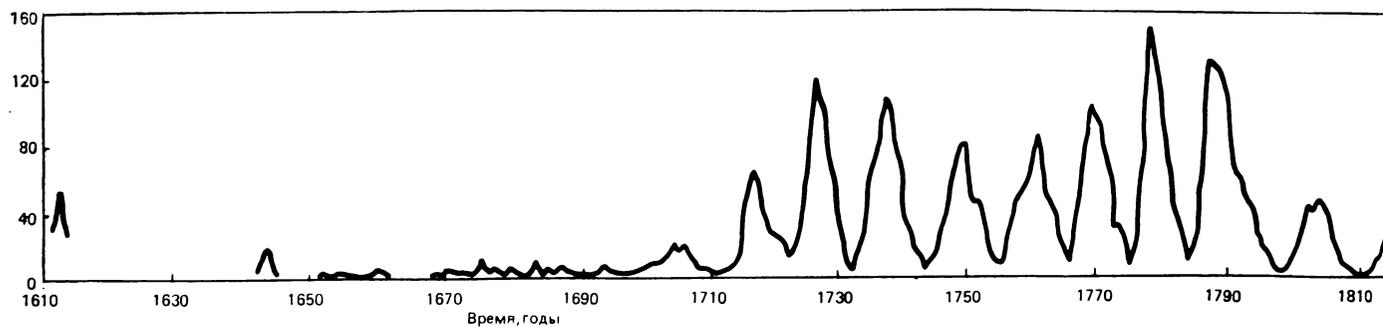
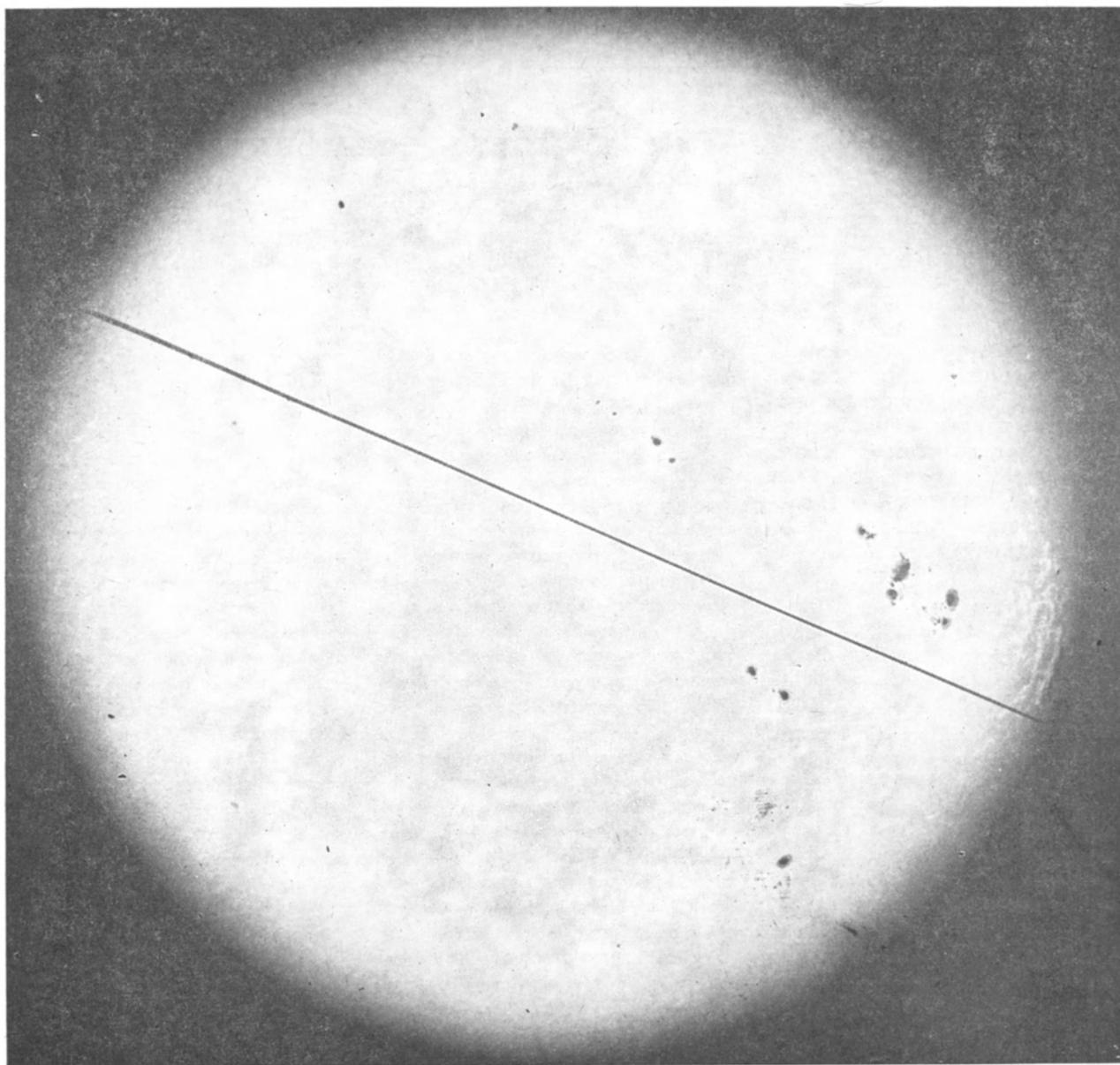
зовательной деятельности Солнца получило название закона Швабе — Вольфа. Хотя числа Вольфа определены в значительной степени произвольно, они довольно хорошо соответствуют общей площади пятен S , измеряемой в миллионных долях площади видимого солнечного диска. Швейцарский астроном М. Вальдмайер установил зависимость $S=16,7 R$.

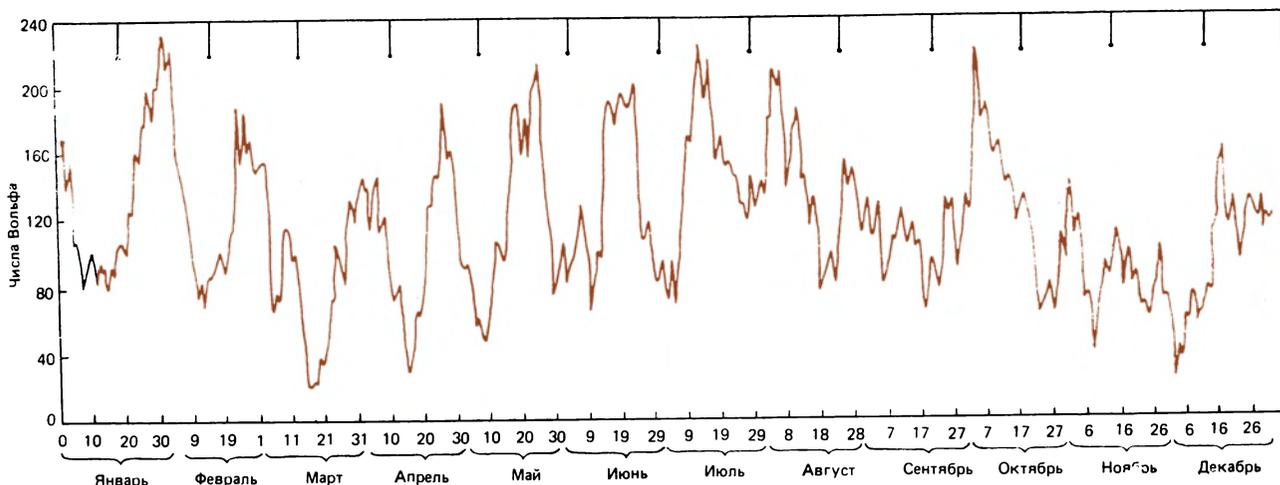
Числа Вольфа меняются с некоторым периодом, который варьирует от цикла к циклу. Принята нумерация циклов. Сейчас идет цикл № 21, его максимум приходился на конец 1979 года. Цикл № 1 имел максимум в середине 1761 года. Продолжительность цикла (интервал между соседними минимумами) колеблется от 7,3 до 17,1 года. Обычно кривая чисел Вольфа быстрее поднимается от минимума к максимуму, чем опускается от максимума до минимума, однако встречаются циклы с противоположной характеристикой.

Нужно иметь в виду, что среднегодовые значения чисел Вольфа меняются от года к году незначительно, а их суточные значения — очень сильно. Эти изменения обусловлены эволюцией пятен и вращением Солнца, делающим (на экваторе) один оборот относительно земного наблюдателя за 26,8 суток.

Хотя 11-летний цикл относится к обоим полушариям (северному и южному) Солнца, все же он нередко проявляется в каждом полушарии по-разному. Например, могут неодновременно наступить эпохи максимумов солнечной активности или максимальные числа Вольфа окажутся разными для каждого из полушарий.

Обнаружено циклическое измене-





▲ *Суточные изменения числа Вольфа в максимуме активности цикла № 17 (1937 год); данные М. Вальдмайера. Вертикальные линии указаны через каждый оборот Солнца. Отчетливо виден период, связанный с вращением Солнца*

ние чисел Вольфа длительностью около 70—90 лет, накладывающееся на 11-летние циклы. Возможность «векового» цикла допускал Вольф, но его достоверность была установлена

◀ *Фотогелиограмма — фотография Солнца в «белом» свете, полученная на Горной астрономической станции АН СССР близ Кисловодска (север — вверху, восток — слева)*

позже, когда ряд наблюдений стал достаточно продолжительным.

Числа Вольфа до сих пор используются как основная характеристика солнечной активности, и данные о них систематически публикуются в бюллетенях, издаваемых в Швейцарии, СССР, США, Англии.

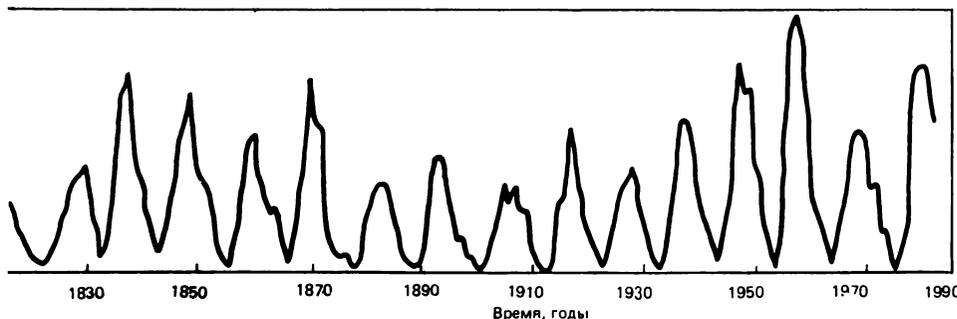
КАК РАСПРЕДЕЛЕНА ПЯТНА НА СОЛНЦЕ?

Пожалуй, основная черта пятен — сильное магнитное поле, напряженность которого достигает 4000 Э в крупных пятнах. В окрестности пятен поле обычно составляет несколько десятков эрстед, редко превышая 100 Э. Существует мнение, что столь сильное магнитное поле обуславливает другую характерную черту пятен — относительно низкую температуру, около 4000 К. Температура видимой солнечной поверхности — фо-

тосферы — равна почти 6000 К. Из-за такого различия в температуре пятна выглядят очень темными на фоне яркой фотосферы.

Пятно появляется в виде «поры» — точки, лежащей на грани разрешающей способности применяемой аппаратуры. Большинство пор быстро исчезает и лишь немногие из них растут, превращаясь в пятна поперечником в несколько десятков тысяч километров. Как правило, чем больше пятно, тем дольше оно «живет». М. Н. Гневышев исследовал продолжительность «жизни» пятен: большинство из них существует несколько дней, около 1—3% общего числа пятен «живет» месяц и больше. Самые крупные пятна (их обычно одно-два на 10 000) наблюдаются 4—5 месяцев.

По-видимому, пятна — результат конвективных движений солнечной плазмы под фотосферой. Предпола-



◀ *Среднегодовые величины чисел Вольфа с 1610 по 1982 год. Данные до 1700 года взяты из работы Д. Эдди, с 1700 по 1976 год — из работы М. Вальдмайера. Начиная с 1976 года использованы данные различных обсерваторий, приведенные к Цюрихской шкале чисел Вольфа*

гается, что пятно представляет собой выходящую в фотосферу трубку магнитных силовых линий. Часто наблюдаются биполярные группы пятен, в которых доминируют два пятна с противоположной полярностью магнитного поля. Пятно, соответствующее выходу магнитного поля из фотосферы, имеет северную полярность, а пятно, в области которого магнитные линии входят обратно под фотосферу, — южную.

Как только в 1908 году Дж. Хейл обнаружил магнитные поля пятен, появилось представление о 22-летнем цикле солнечной активности. Оказалось, что для данного цикла все одинарные пятна в одном и том же полушарии имеют одинаковую полярность, та же полярность у «ведущего» (западного) пятна в биполярной группе. В другом полушарии полярность пятен противоположная. В следующем цикле картина меняется на обратную.

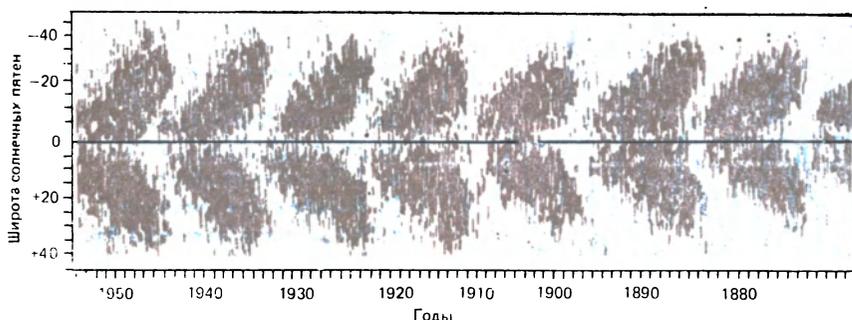
По диску Солнца пятна распределены неравномерно. Они избегают высоких гелиографических широт и встречаются в «королевских зонах», между широтами 5 и 35° по обе стороны от экватора. В течение цикла солнечной активности зона пятен перемещается с широт 30—35° к экватору, опускается до 12—15° в максимуме активности и до 5—8° в конце цикла. На высоких широтах пятна появляются исключительно редко, например, в 1846 году пятно было зарегистрировано на широте 50°, в 1915 году — на 60°, в 1943 году — на 40°. Мелкие пятна — поры иногда возникают на широтах до 75°. Распределение пятен по широте тщательно исследовали Г. Шпёрер (1858 г.) и Е. Маундер (1922 г.). Изменение ши-

роты пятнообразовательной деятельности с фазой активности Солнца известно как «закон Шпёрера».

М. Н. Гневышев приводит аргументы, отрицающие реальное перемещение зон пятен к гелиографическому экватору. Он считает, что существуют две зоны пятнообразовательной деятельности в каждом полушарии — северном и южном. Эти зоны лежат на различных гелиографических широтах, и их пятнообразовательная деятельность протекает несинхронно. В результате наблюдается кажущееся смещение «королевских зон».

Анализируя другие индексы солнечной активности, относящиеся к активным областям в высоких слоях солнечной атмосферы — в короне, М. Н. Гневышев сумел выделить предполагаемые пары широтных зон более отчетливо, чем для солнечных пятен. Эти пары связаны с различными проявлениями активности. «Низкоширотная» зона ($\pm 10^\circ$) определяет корпускулярную активность Солнца, «высокоширотная» ($\pm 24^\circ$) — активность жесткой электромагнитной радиации (ультрафиолетовых и рентгеновских лучей). Развитие зон протекает, как отмечалось, неодновременно, и максимум достигается в моменты времени, разделенные в среднем тремя годами. В солнечной

«Бабочки Маундера», иллюстрирующие закон Шпёрера — смещение пятнообразовательной зоны по гелиографической широте. (Каждая черточка — пятно; данные К. Кипенхойера.)



короне процессы в обеих зонах приводят к разным эффектам: в «высокоширотной» увеличиваются плотность (концентрация) частиц и кинетическая температура, в «низкоширотной» температура растет, а плотность падает.

На видимом солнечном диске пятна расположены неравномерно и по долготе. Известен, на первый взгляд парадоксальный, факт: пятен на восточном краю Солнца больше, чем на западном. Этот избыток пятен, достигающий 20% и более, разумнее всего объяснять небольшим наклоном плоскости пятен к направлению на запад. В этом случае условия видимости пятен на восточном краю Солнца в силу геометрических эффектов, связанных с увеличением площади проекции пятна на картинную плоскость, будут лучшими, чем на западном.

Обнаружено также, что в восточной части солнечного диска пятна рождаются в 3 раза чаще, чем в западной. Этот кажущийся эффект объяснил в 1911 году А. Шустер. Он предположил, что есть «невидимая» стадия развития пятна, причем ее продолжительность зависит от угла между плоскостью пятна и лучом зрения наблюдателя, то есть от углового расстояния пятна до центрального меридиана Солнца. По оценке Шустера, длительность «невидимой» стадии развития пятен должна составлять около трех дней в центре солнечного диска.

Пятна распределены неравномерно по долготе и независимо от положения наблюдателя. Существует понятие об «активных долготях» на Солнце. Если разделить солнечную поверхность на доли по долготе («дольки апельсина»), охватывающие 30—40°, и исследовать активность каждой из таких долек, то некоторые из них выделяются мощным проявлением активности, которая сохраняется иногда в течение нескольких солнечных циклов. Любопытно, что особенно четко активные долготы выделяются, если не принимать во внимание небольшие пятна с малой продолжительностью жизни.

Изучением активных долгот занимались многие. Устойчивость этих

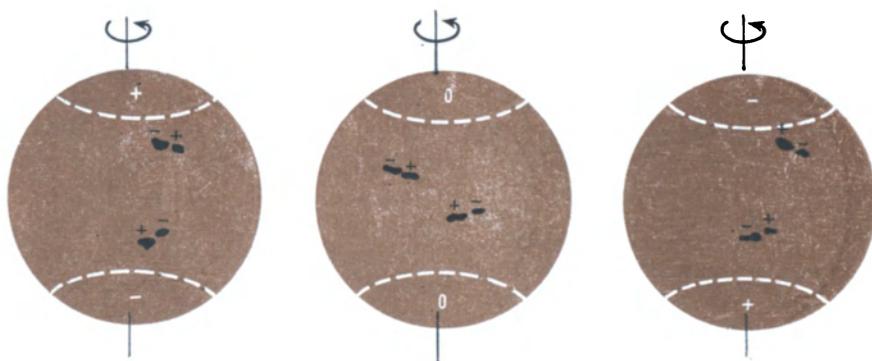
долгот детально исследовал Ю. И. Витинский (1963 г.). По-видимому, активные долготы тесно связаны с вековым циклом солнечной активности.

ПРИРОДА СОЛНЕЧНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ

Еще Вольф писал о том, что планеты могут вызывать цикличность солнечной активности. Эта идея основана главным образом на близости средней продолжительности солнечного цикла (11,1 года) к периоду обращения самой крупной из планет — Юпитера (11,9 года). Заметим, что приливное воздействие планет на Солнце мало, оно может породить «приливную волну» высотой лишь в 1 мм. Делались попытки объяснить цикличность активности неизвестным спусковым механизмом, связанным с изменением относительного расположения центра Солнца и центра масс Солнечной системы. Тем не менее совсем отвергать роль планет нельзя. Не исключено, что они как-то влияют на распределение центров солнечной активности. Это можно представить себе как взаимодействие магнитных полей движущихся вокруг Солнца планет с вытекающей из солнечной короны плазмой — «солнечным ветром».

Может быть, близость средней продолжительности цикла активности и периода обращения Юпитера есть следствие одной и той же причины, одного и того же события? Например, совместного образования Солнца и Юпитера как системы из двух звезд. В такой системе звезда, слишком малая для того, чтобы обеспечить ядерные реакции в своих недрах, относительно быстро остыла, превратившись в крупную планету.

Большинство астрофизиков, включая автора, придерживаются гипотезы о внутренних источниках цикличности солнечной активности. Модель, объясняющая 22-летний цикл активности, была предложена в 60-х годах Г. Бэбкоком и развита Р. Лейтоном. Общее магнитное поле Солнца существует, по-видимому, только в подфотосферных слоях, на относительно небольшой глубине. Известно, что Солнце вращается не как твердое тело: уг-



ловая скорость его вращения убывает от экватора к полюсам. Вследствие такого дифференциального вращения в электрически проводящей плазме Солнца происходит «запутывание» поля, что всегда вызывает усиление поля, рост его напряженности. Поле усиливается в отдельных областях — возникающих «магнитных жгутах». Когда магнитное давление в «жгутах» достигает некоторой критической величины (сотни эрстед), «жгуты» всплывают, образуя на поверхности Солнца пятна (магнитная «петля», пересекающая фотосферу, приведет к появлению биполярной группы пятен). Эффекты «запутывания» особенно сильно проявляются на гелиографических широтах, равных 40° , где дифференциальное вращение наиболее эффективно. Если допустить, что «подфотосферная» часть Солнца вращается быстрее, чем поверхностные слои, то напряженность поля на широтах ниже 40° будет расти, а на высоких широтах — уменьшаться. Поэтому зона «всплывания жгутов» («королевская зона») начнет продвигаться к экватору в соответствии с законом Шпёрера.

Развитые Бэбкоком и Лейтоном представления качественно объясняют, почему в следующем 11-летнем цикле у пятен противоположная полярность магнитного поля. Напомним, что в биполярных группах «хвостовое» пятно, магнитное поле в котором имеет полярность, обратную полярности «ведущего» пятна группы, расположено немного ближе к солнечному полюсу, нежели «ведущее». Поэтому, когда группа пятен разрушается, происходит диффузия поля с обогащением полярных областей

Так изменяется знак магнитного поля пятен в течение цикла активности. Северный полюс Солнца — вверх, восток — слева

Солнца полями противоположного знака. В следующем 11-летнем цикле картина «запутывания» поля повторяется, с той разницей, что направление поля в «жгутах» будет обратным по отношению к предыдущему циклу. Так качественно объясняется смена полярности пятен. Величина активности, характеризующаяся числом возникающих пятен, также находит объяснение в модели Бэбкока — Лейтона. При диффузии поля в полярные области изменяется преимущественное направление общего поля Солнца, что в свою очередь снижает эффективность образования магнитных «жгутов».

Всегда ли существовала цикличность солнечной активности? Не наступали ли «перебои» в пятнообразовательной деятельности? В конце прошлого столетия Шпёрер и Маундер обратили внимание на практическое отсутствие сообщений о наблюдениях солнечных пятен в течение 70-летнего периода, вплоть до 1700 года. Впоследствии Маундер уточнил этот период и писал о «подавленности» солнечной активности в 1645—1715 годах (минимум Маундера). Другой предполагаемый период «подавления» солнечной активности относится к 1450—1550 годам (минимум Шпёрера).

Интерес к этим сообщениям возобновился в наше время, и американский исследователь Д. Эдди рассмот-

рел все доступные материалы с целью детального исследования поведения Солнца в указанные отрезки времени (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 7.—Ред.). Не только наблюдения солнечных пятен, но и регистрация полярных сияний, а также изучение содержания радиоуглерода C^{14} в годовых кольцах деревьев не противоречат гипотезе о значительном понижении активности Солнца во время минимумов Маундера и Шпёнера. Вероятно, в определенные эпохи, по-видимому, совпадающие с «вековым» циклом, активность Солнца становится настолько малой, что 11-летние циклы едва выражены.

Чем вызваны длительные периоды подавления активности Солнца? Существует предположение, что в эти периоды «выключается» конвекция в фотосферных слоях и прекращается образование магнитных полей в соответствии с моделью Бэбкока—Лейтона. Иными словами, перестает действовать «динамо-механизм» — генерация магнитного поля электрическими токами, роль которых выполняют потоки электрически проводящей плазмы фотосферы.

Детально этот вопрос был рассмотрен советскими астрофизиками В. А. Догелем и С. И. Сыроватским в 1979 году. Они предположили, что конвекция не исчезает, а меняется только ее структура. Возможно, что непосредственно перед маундеровским минимумом резко возросла дифференциальность вращения фотосферы, а в случае затухания конвекции дифференциальное вращение должно было бы исчезнуть, поскольку именно конвекция его поддерживает.

В. А. Догель и С. И. Сыроватский считают, что на Солнце действует колебательный процесс, в ходе которого конвективные ячейки, вытянутые вдоль гелиографических параллелей, сменяются ячейками, протягивающимися вдоль меридианов. Если на Солнце устанавливается широтная конвекция (ячейки вытянуты вдоль параллелей), динамо-механизм «выключается». Согласно оценкам, широтная структура конвекции может существовать на протяжении 10—100 лет, что согласуется с продолжи-

тельностью маундеровского минимума. Таким образом, из работы В. А. Догеля и С. И. Сыроватского следует, что длительные минимумы активности — явление закономерное.

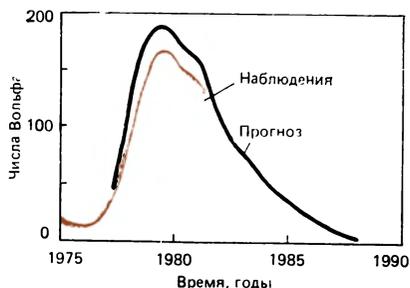
ПРОГНОЗ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Поскольку механизм цикличности солнечной активности не известен, очень велики трудности ее прогнозирования. Приходится пользоваться чисто эмпирическими методами. Наиболее удачны краткосрочные прогнозы.

В 1966 году ленинградский геофизик А. И. Оль предложил метод прогнозирования максимума относительных чисел Вольфа. Основой для него послужила зависимость между индексом геомагнитной активности в эпоху минимума активности Солнца и максимальным числом Вольфа в следующем цикле. Прогноз цикла № 20, сделанный по этому методу, оказался удовлетворительным.

В 1977 году А. И. Оль, используя найденную им закономерность и значение эпохи минимума (середина 1976 г.), дал прогноз цикла № 21. Нужно отметить, что при установлении связи геомагнитной активности с последующим значением максимальных чисел Вольфа А. И. Оль опирался на многолетние данные о полярных сияниях, появление которых, к счастью, регулярно фиксировали скандинавские пасторы в церковных книгах. Дело в том, что индексы геомагнитной активности тесно связаны с

Цветная кривая иллюстрирует прогноз солнечной активности в нынешнем (№ 21) цикле (данные А. И. Оля, 1977 г.). Черная кривая — данные наблюдений за прошедшие годы текущего цикла



частотой и интенсивностью полярных сияний. Это обстоятельство позволило А. И. Олю обойти трудности, вызванные тем, что геомагнитные наблюдения в прошлом не проводились. Метод, предложенный А. И. Олем, можно считать крупным достижением отечественной науки. Важно, что в отличие от других методов прогноза цикличности он основан на физических соображениях, вытекающих из модели Бэбкока—Лейтона. По мнению А. И. Оля, характер активности Солнца в данный момент определяется не всей «предысторией» цикличности, а только ее ближайшим прошлым. Этот вывод исключает поиски каких-либо эмпирических закономерностей чисто математическим путем, когда сложная кривая цикличности разлагается на простые гармонические колебания.

Рассматривая связь между максимальным значением чисел Вольфа и геомагнитной активностью в предыдущем минимуме, А. И. Оль нашел корреляцию, используя восемь 11-летних циклов, а по полярным сияниям — 20 циклов. Идеи Оля были подхвачены зарубежными специалистами. Американский геофизик Г. Сарджент модифицировал метод Оля, взяв за меру геомагнитной активности другие индексы, которые дают более четкую связь между их значениями в минимуме активности и максимальным значением чисел Вольфа. В настоящее время этот метод прогнозирования активности Солнца считается основным в США.

В последние годы возросло значение прогноза солнечной активности для планирования космических программ. Дело в том, что плотность верхних слоев земной атмосферы на высотах, где летают искусственные спутники, сильно зависит от активности Солнца. Земная атмосфера оказывает тормозящий эффект на движение спутников, что приводит в конечном итоге к снижению их высоты. Так, американская орбитальная станция «Скайлэб» за довольно короткое время в результате торможения вошла в плотные слои атмосферы и погибла, хотя ее оборудование было рассчитано на длительную работу.



Доктор физико-математических наук
Е. А. ЛЮБИМОВА

Термическая история Земли

В нашей стране на основе космогонической гипотезы академика Шмидта разработан новый подход к проблеме термической истории Земли. Как зависят процессы, протекающие в недрах Земли, от термической истории планеты?

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ГЕОТЕРМИКУ

Космогоническая гипотеза О. Ю. Шмидта сначала была чисто астрономической. Чтобы приблизить ее к практическим задачам наук о Земле, академик Шмидт обратил внимание на проблему геотермики. Изучение теплового режима Земли с новых космогонических позиций представлялось ему той ступенью, с которой будут пересмотрены важнейшие вопросы геологии, геофизики, геохимии и даже поисковой разведки, поскольку все физико-химические параметры Земли (особенно вязкость, электропроводность, упругость, магнитные свойства, трещиноватость, метаморфизм, тепломассоперенос) крайне чувствительны к температуре, особенно к температуре верхних слоев литосферы, где она растет с глубиной намного быстрее, чем давление. В разработке теории привлекали внимание два обстоятельства. Во-первых, геолого-геофизические последствия «холодного» образования Земли и, во-вторых, эволюционный характер ее теплового поля.

В начале 50-х годов геофизики начали изучать, как влияют радиоактивные элементы, рассеянные в земной коре и мантии, на тепловой режим

нашей планеты. Представлялось естественным, что вулканизм и магматизм Земли, тектоника и сейсмичность должны определяться тепловым полем, генерируемым при распаде радиоактивных элементов в веществе Земли; при разогреве верхней мантии должна была выплавляться земная кора. Для решения проблемы о разогреве земных недр использовали содержания радиоактивных изотопов урана и тория, измеряемые в горных породах. Тысячами геохимических анализов было установлено, что малые доли урана и тория широко распространены не только в земных породах, но и в космических — каменных и железных метеоритах.

Академик Шмидт поставил задачу — рассчитать внутреннюю температуру Земли и проследить ее тепловую эволюцию под действием собственных и внутренних источников тепла, рассеянных в недрах. О. Ю. Шмидт обратился на физический факультет Московского университета, и в качестве помощника ему рекомендовали автора этой статьи. Сначала были намечены «контуры» новой проблемы — изучение нестационарного термического режима во времени, или термической истории Земли. Последнее название позднее прочно вошло в науки о Земле.

МОДЕЛЬ ТЕПЛОЙ ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМЛИ

Гипотеза Шмидта требовала построения математической тепловой модели сравнительно однородной Земли, составленной первоначально из смеси железных и каменных метеоритов с некоторым содержанием

радиоактивных элементов. Начальная температура планеты определялась ударами падающих на нее тел и адиабатическим сжатием за счет возрастающего давления верхних слоев. В рамках этой модели недра Земли должны были разогреваться, а не остывать. Но как построить такую модель, используя измеряемую на поверхности потерю тепла? Как должно было идти нагревание, в каких временных интервалах и какова была температура в центре, в ядре, в мантии, в коре?

В 50-х годах начали появляться данные, свидетельствовавшие, что помимо урана и тория вклад в радиогенное тепло вносит также радиоактивный изотоп калия — K^{40} . Было измерено, что изотоп K^{40} распадается быстрее, чем изотоп урана и тория (последние медленно распадаются и имеют период полураспада, сравнимый с возрастом Земли). На основе точно определенных констант полураспада радиоактивных элементов, согласно расчету, получалось, что в прошлом вклад радиогенного изотопа K^{40} в общую теплогенерацию был более чем достаточным для образования расплавов и начала активных тектонических движений. Это означало, во-первых, что генерацию радиогенного тепла можно принять в качестве основного источника внутренней энергии в тепловых расчетах; во-вторых, что тепла слишком много и должен существовать механизм его интенсивного отвода.

Чтобы понять, как распределена температура в глубинах Земли, нужно было решить неоднородное уравнение теплопроводности. Из-за сравнительно большой величины распада

калия генерация тепла в этом уравнении принималась убывающей во времени величиной. Значит, внутренние тепловые процессы нужно было считать нестационарными. Зная содержание радиоактивных элементов в веществе Земли и константы их распада, можно получить физически обоснованную кривую генерации тепла в Земле в течение всей ее истории. Содержание радиоактивных элементов в Земле до сих пор постоянно пересматривается в соответствии с уточняющейся моделью химического состава Земли и планет, уточняется также и кривая генерации тепла внутри планет.

Всесторонне оправдала себя модель метеоритного состава Земли и

планет, по которой предполагалось, что в веществе Земли содержится столько же радиоактивных изотопов, сколько их в хондритах — метеоритах каменного состава.

Еще при жизни Шмидта удалось получить аналитическое решение для тепловой модели Земли, которое позволяло качественно описать этапы термической истории Земли. Было показано, что на ранних стадиях эволюции вся Земля разогревалась, а на заключительных стадиях разогревалась только ее центральная часть, верхняя же мантия остывала.

Этот вывод совершенно менял представление о многих процессах на Земле, например о тектонике и горообразовании. Идея контракции

(сжатия), которая считалась ранее основной тектонических движений, сменилась гипотезой разогревания и расширения недр. Во всяком случае для внутренних частей Земли стала вырисовываться сложная картина: на поздних стадиях истории Земли расширение недр чередовалось со сжатием поверхностного слоя планеты. Примечательно, что смена режима расширения и сжатия происходила на глубине порядка 700 км. Это как раз предельный уровень, ниже которого прекращаются землетрясения.

За контрольную величину в теории тепловой эволюции Земли была взята величина теплового потока на поверхности планеты. Наблюдения его в то время как раз только начались (Земля и Вселенная, 1982, № 3, с. 24.—Ред.). Таким образом, намечалась стыковка догеологической и геологической стадий термической истории Земли. Была рассмотрена эволюция других планет и спутников силикатного состава — Луны, Марса, Венеры, Меркурия, астероидов, спутников Юпитера.

Новая математическая модель тепловой истории Земли и планет не сразу была принята учеными — пришлось бороться со многими традиционными взглядами в геохимии и геологии, в частности с представлением о медленном остывании планеты.

Было также показано, что в глубоких недрах Земли, там, где температура превышает 1000°, большую роль играет лучистая теплопроводность. Тепло в недрах начинает переноситься также с помощью конвекции; тогда при разогревании недр более горячее вещество поднимается вверх, вынося тепло, а более холодное опускается вниз. Но даже при наличии интенсивного конвективного переноса тепла под твердым запирающим литосферным слоем внутренняя энергия планеты не так быстро расходуется — остается огромный запас энергетических ресурсов.

Для тепловой истории Земли очень важен вопрос о происхождении и составе ее ядра (Земля и Вселенная, 1980, № 3, с. 59.—Ред.). В однородной модели Земли вначале предполагалось, что земное ядро состоит из

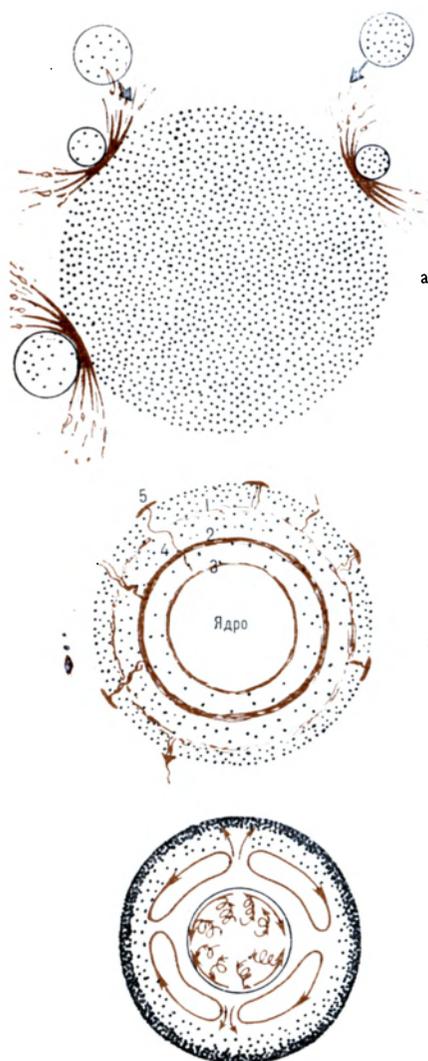


Схема развития Земли и миграции внутренних источников тепла:

а — начальная квазиоднородная Земля. Радиоактивные источники тепла

распределены равномерно. Удары крупных тел протопланетного облака приводили к локальному расплаву вещества и расплескиванию лавы в пространство;

б — радиоактивные изотопы постепенно концентрируются в верхней оболочке Земли, ядро уплотняется, зарождаются перегретые слои в астеносфере (1), на границе верхней и нижней мантии (2), на границе ядра (3), струи перегретого вещества (4) прорываются на поверхность, образуя «горячие точки» (5), порождающие вулканизм;

в — тепловая модель современной Земли:

внешнее ядро расплавлено, внутреннее твердое. Цветные линии — конвективные течения в верхней мантии, спиралевидные — в ядре.

Снаружи образовалась твердая, обогащенная ураном, торием и калием литосфера и земная кора

и калием литосфера и земная кора

и калием литосфера и земная кора

и калием литосфера и земная кора

силикатов, перешедших в металлическое состояние под действием высокого давления, господствующего в недрах (на границе мантии и ядра оно достигает более миллиона атмосфер). Теперь принято считать, что Земля неоднородна по химическому составу, и получены убедительные доказательства, что ядро ее в основном состоит из железа.

О. Ю. Шмидт первым обратил внимание на важность процесса гравитационной дифференциации первоначальной смеси каменных и железных включений и первым подчеркнул важность процессов формирования ядра в эволюции Земли. Эпоху, когда происходила дифференциация на легкую и тяжелую (железистую) фрак-

ции, уверенно определить нельзя: ведь железные частицы могли сгуститься еще на самых ранних этапах формирования Земли из протопланетного облака, уже тогда дав заметный зародыш железного ядра. Энергия дифференциации определяется как разность потенциальной энергии современной расслоенной и первоначальной однородной Земли и составляет колоссальную цифру, равную $1,5 \cdot 10^{38}$ эрг. Величина энергии вполне сопоставима с тем количеством тепла, которое выделилось при радиоактивном распаде урана, тория и калия в недрах за всю ее историю. Энергия эта также может быть источником тектонической активности, но она начинает проявляться только после

предварительного разогрева радиоактивными источниками.

ЧТО ДАЕТ ТЕРМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ?

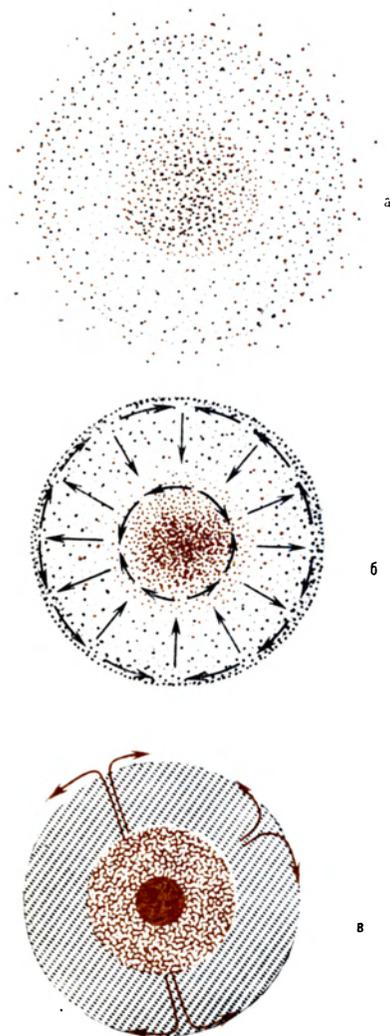
Зная распределение температуры с глубиной и изменение ее во времени, можно определить поведение всех других параметров, поставить задачу о термоупругих напряжениях в Земле. Распределение их по глубине сопоставимо с распределением энергии землетрясений — термоупругая энергия затухает на уровне 700 км, то есть там же, где затухает и глубинная сейсмичность. Термоупругие деформации могут быть увязаны и с аномалиями силы тяжести и могут объяснить некоторые гравитационные аномалии. Изучение теплового поля оказалось полезным для геохимии и многих областей наук о Земле.

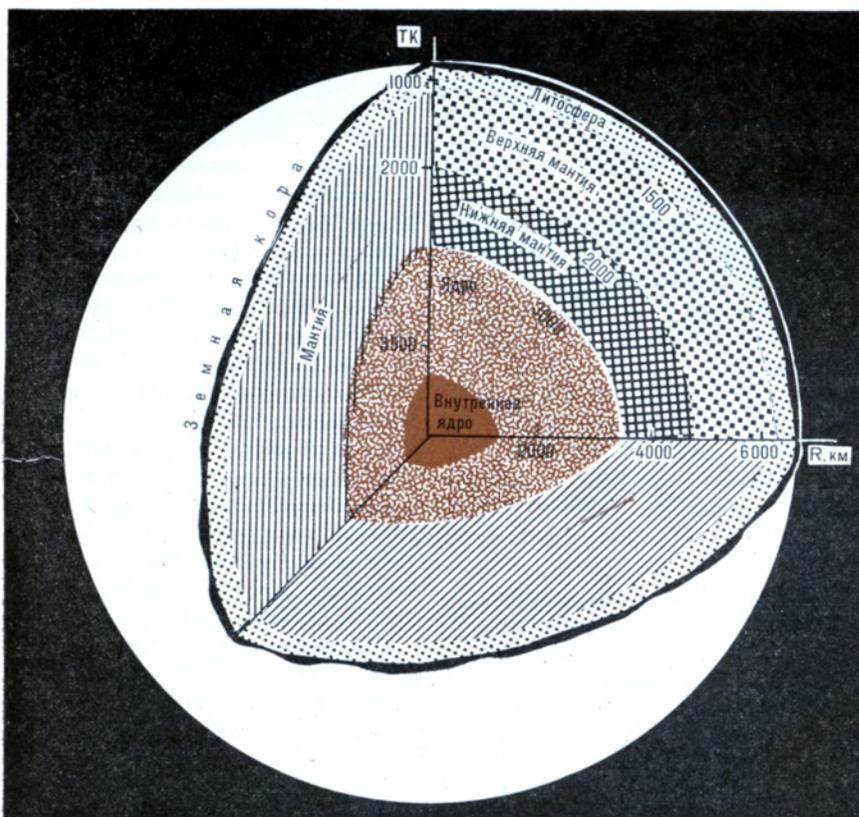
С изменением температуры во времени связаны процессы плавления, летаморфизма, гидратации и дегидратации, что особенно важно для понимания последних современных стадий эволюции Земли. Один из существенных этапов изучения тепловой истории состоял в сравнении получаемых теоретических распределений температуры с глубиной (геотерм) с температурами плавления пород, составляющих Землю. Изучение тепловых процессов совершенно необходимо для геохимических разработок при исследовании таких явлений, как магматизм, метаморфизм, вулканизм.

Расчеты показали, что в истории развития планеты фронты плавления и затвердевания продвигались из глубоких недр к поверхности. Родилось новое направление исследований, связанное с применением в геологии и геофизике задачи Стефана — тепловой задачи, когда рассматривались не фиксированные, а движущиеся границы расплава и затвердевающего земного вещества. Это направление оказалось плодотворным для понимания природы вертикальных тектонических движений земной коры, периодичности тектономагматических циклов и для проблем, связанных с дегазацией Земли. В частности, удалось объяснить количество нейтральных газов — аргона и гелия — в атмосфере

Схема одного из вариантов процесса гравитационной дифференциации:

а — часть железных частиц (цветные) объединились в зародыш земного ядра еще на ранней стадии эволюции Земли (черным показана силикатная фаза); б — стадия гравитационной дифференциации Земли с оформившимся железным ядром и силикатной оболочкой (черные точки), стрелки — зарождающиеся конвективные течения во всей мантии; в — завершающая стадия гравитационной дифференциации с образованием твердого внутреннего ядра, жидкого внешнего и горячими струями, выходящими на поверхность





Схематический разрез Земли, на котором нанесены значения температуры в различных областях

ре; до появления термической модели твердой Земли эта проблема не поддавалась решению.

Проблема источников внутренней энергии Земли и планет тесно связана с проблемой происхождения их магнитного поля. Магнитное поле Земли довольно сильное и требует для своего поддержания действующего энергетического механизма. Источником энергии могут быть радиогенная генерация тепла в ядре Земли, слабая дифференциация вещества в его пределах и кристаллизация внутреннего ядра.

ТЕПЛОВОЙ ПОТОК

«Геотермическая ветвь» космогонической гипотезы О. Ю. Шмидта получила интенсивное развитие. В Ин-

ституте физики Земли АН СССР была создана лаборатория геотермики. Ее задача — более детальное изучение теплофизических параметров, необходимых для построения тепловой модели Земли, природы земного теплового потока, поступающего к поверхности из недр Земли, коэффициентов теплопереноса, различных источников внутренней энергии, параметров внутренней генерации тепла, их перераспределения во времени и по слоям. Были обоснованы и проведены экспериментальные исследования теплового потока. Тепловой поток по расходу энергии в единицу времени в 10—100 раз превосходит сейсмическую и вулканическую энергию, и в каждой точке земного шара каждую секунду выделяется около 1,5 мкал/см² теплового потока.

Проводится изучение теплового потока в различных тектонических структурах СССР. Используя опыт дрейфующих полярных станций, сотрудники Института физики Земли АН СССР стали изучать тепловой поток

через дно океана и развернули работы в Северном Ледовитом океане. Впервые в мире появилась группа арктических исследователей теплового потока. На Кавказе, на Байкале, над срединным хребтом Арктического бассейна, названного хребтом Гаккеля, советские исследователи обнаружили anomalно большие тепловые потоки. Вместе с довольно высокой частотой происходящих под хребтом Гаккеля землетрясений это свидетельствует об активных внутренних процессах, протекающих под полярной шапкой Земли и в глубинах земной литосферы. Меньшие тепловые потоки измерены в районе Балтийского и Украинского массивов и другого, более спокойного арктического хребта имени Ломоносова. Таким образом, данные о тепловом потоке раскрывают неизвестные ранее закономерности тектоники и внутреннего строения Земли.

Анализ наблюдений, проведенных по всему земному шару, открыл существование неоднородностей в распределении теплового потока: на поверхности Земли были обнаружены глобальные аномалии повышенных и низких тепловых потоков. Оказалось, что исходная величина теплового потока, которая использовалась в теории тепловой истории планеты в качестве постоянной величины, на самом деле меняется от места к месту.

СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ ГЕОТЕРМИКИ

Вопросами тепловой истории Земли и других планет Солнечной системы занимаются различные научные коллективы и в Советском Союзе, и за рубежом. В последнее время наметились два совершенно различных подхода к этой проблеме. Согласно первому, детально учитывается распределение радиоактивных изотопов в спектре земных и лунных пород, метеоритов и других тел Солнечной системы. На основе этих данных рассчитывается тепловой баланс планет и их спутников, внутренняя температура и тепловой поток на поверхности. Учитывается вклад первоначального тепла от ударов падающих на планету тел и возможность частичного фор-

мирования железного ядра на ранней стадии эволюции планетного тела. Возникновение процесса дифференциации вещества, образования верхнего легкого силикатического слоя Земли — литосферы, тепловая конвекция в мантии и ядре, а также тектоническая активность рассматриваются как следствие предварительного разогрева, возникшего под влиянием радиогенной генерации тепла. Установлены перегретые слои в астеносфере, на границе верхней и нижней мантии, на границе ядра. Этот подход имеет много вариантов в соответствии с концепцией того или иного автора (С. В. Маева, А. Н. Тихонов, В. С. Сафронов, А. В. Витязев, Е. Н. Люстих, В. Н. Жарков, Е. А. Любимова, О. И. Парфенюк, В. П. Трубицын).

Согласно второму подходу к изучению термической эволюции Земли,

ведущим источником внутренней энергии избирается процесс гравитационной дифференциации, сопровождающий процесс образования железного ядра. Процесс формирования ядра, разделение фракций на легкую и тяжелую на уровне ядро — мантия считаются главными источниками тектонической активности на Земле. Предполагается, что конвекция внутри Земли имеет не термическое происхождение, а химическое. В этой схеме термической эволюции Земли радиоактивным источникам тепла отводится незначительная роль. Стронники этого подхода — Е. В. Артюшков, А. С. Монин, О. Г. Сорохтин, В. А. Мясников, В. П. Кеонджян.

На современном этапе науки задача о тепловой эволюции Земли решается при совместном учете влияния радиоактивных источников тепла,

конвекции и гравитационной дифференциации. Целостный подход к изучению эволюции планеты перспективен с точки зрения комплексного анализа имеющегося геолого-геофизического материала о строении Земли. Именно такой путь был намечен академиком Шмидтом и позволяет учесть сочетание всех факторов, по возможности, в полной мере.

Развитие космогонической гипотезы О. Ю. Шмидта способствовало зарождению теоретической геотермики в нашей стране и стимулировало экспериментальные работы по изучению теплового потока из земных недр. Изучение теории тепловой истории Земли от самых ранних стадий до современного этапа представляет собой перспективное и новое направление наук о Земле.



МЕЖДУНАРОДНОЕ СРАВНЕНИЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

В последнее время внимание различных специалистов стала привлекать проблема нестабильности гравитационного поля Земли (Земля и Вселенная, 1981, № 4, с. 10.—*Ред.*). Сообщается о наблюдаемых изменениях силы тяжести, иногда весьма значительных, но из-за недостаточного метрологического обеспечения многие из них вызывают вполне

обоснованные сомнения. Поэтому каждый новый результат, указывающий на изменение силы тяжести или ее стабильность, нужно тщательно проверить, и в первую очередь, с инструментальной точки зрения.

По рекомендации Генеральной ассамблеи Международной ассоциации геодезии осенью 1981 года в Севре (Франция) было проведено первое Международное сравнение применяемых сейчас в мире абсолютных гравиметров различной конструкции. Руководил этим научным мероприятием член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже. В одновременном сравнении участвовали два гравиметра из США и один из СССР. До этого аналогичную проверку прошел китайский прибор, а чуть позднее — французский и итальянский. Оказалось, что современные баллистические гравиметры имеют примерно одинаковую точность при средней квадратичной погрешности около 10 мкГал. В числе лучших приборов по ряду характеристик был отмечен советский баллистический гравиметр ГАБЛ (гравиметр

абсолютный баллистический лазерный), созданный в Институте автоматики и электроники Сибирского отделения АН СССР.

Хорошее совпадение показаний приборов, проверившихся в Севре, а также измерения советским прибором ГАБЛ на ряде европейских пунктов позволяют заключить: за период с 1969 по 1977 годы сила тяжести в Севре изменилась на величину порядка 50 мкГал. Полагают, что уже современные баллистические гравиметры могут улавливать медленные изменения силы тяжести неприливного характера, превосходящие 4—5 мкГал.

Известия АН СССР. Физика Земли, 1983, 3.



Владимир Иванович Вернадский (к 120-летию со дня рождения)

В марте этого года исполнилось 120 лет со дня рождения крупнейшего ученого и мыслителя В. И. Вернадского. Научная общественность нашей страны широко отмечала юбилей ученого. Академия наук СССР организовала специальный симпозиум, посвященный выдающемуся русскому естествоиспытателю. Геологи, географы, медики, экономисты, специалисты по истории, философии и организации науки рассказали на этом симпозиуме, состоявшемся в марте в Доме ученых, о значении трудов и идей В. И. Вернадского для развития отечественной науки. Предлагаем вниманию читателей статью, посвященную жизни и творческой деятельности В. И. Вернадского. Статья написана для нашего журнала одним из участников симпозиума.

Владимир Иванович Вернадский — один из величайших ученых нашего века. Немного было мыслителей, равных ему по широте интересов, оригинальности мысли, глубине знаний, плодотворности деятельности. Он создал учение о биосфере. Сейчас даже трудно себе представить, что это учение 60 лет назад еще не существовало. Он был выдающимся минералогом, геохимиком, кристаллографом, геологом-теоретиком, основателем многих научных учреждений. Познание природы, космической сущности жизни, судеб человечества на Земле и во Вселенной — таков был круг его научных интересов (Земля и Вселенная, 1974, № 4, с. 52.— Ред.).

Родился он 12 марта 1863 года в Петербурге в семье профессора политэкономии И. В. Вернадского. Детство провел в Харькове и Петербурге. Рос обыкновенным, несколько замкнутым ребенком. Став гимназистом, не радовал родителей отличной успеваемостью, хотя много читал и подолгу просиживал за письменным столом. Позже признавался: «И действительно, я сидел над книгами, точно готовясь учиться, а фантазия моя в это время летала бог знает где, или я читал то, что не надо».

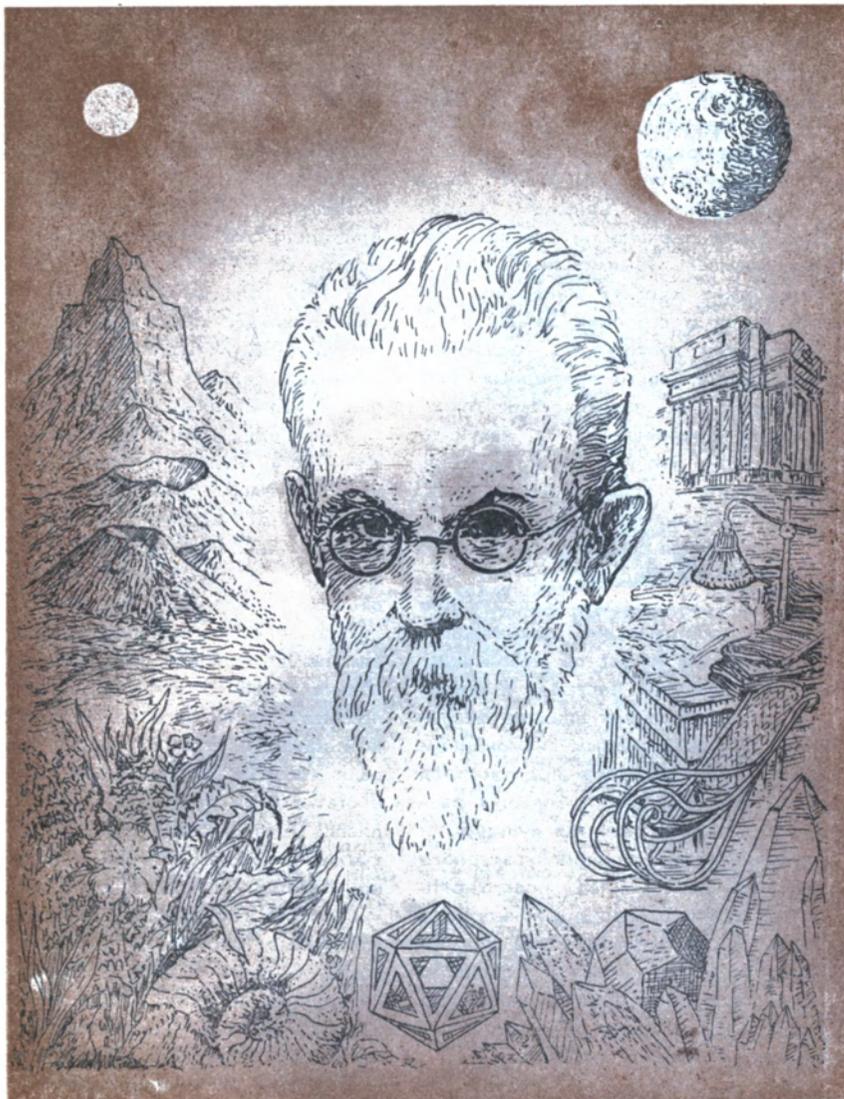
«В детстве я обладал,— вспоминал он,— некоторой способностью довольно тонко наблюдать явления окружающей природы; я помню, какие сильные впечатления производили на меня различные оттенки цветов и блеска. Я помню мои старания различать разные шумы; мальчуганом меня преследовала мысль воспользоваться слухом для большего познания явлений. Я мечтал придумать инструмент, который бы по данному шуму

определял то явление, которое его производит, и те тела, которые при этом принимают участие».

В гимназии он впервые увлекся наукой. Вступил в энтомологический кружок, основанный его одноклассником Андреем Красновым (в будущем — известным геоботаником). Вместе с товарищами совершал экскурсии в окрестностях Петербурга. «Впервые в этих экскурсиях,— писал он позже,— открывался нам по нашей воле, а не по воле школы... один из основных источников воспитания и жизни — мир природы».

В детстве на В. И. Вернадского наибольшее влияние имели два человека: отец и его двоюродный брат Евграф Максимович Короленко. Гимназист Владимир Вернадский любил вечерние прогулки с Евграфом Максимовичем. Они часто беседовали о древности человечества, о Земле, похожей на живой организм, о звездных мирах и разуме Вселенной.

В 1881 году В. И. Вернадский становится студентом Петербургского университета, где преподавали ученые с мировым именем: биологи А. Н. Бекетов и А. С. Фаминцын, физиолог И. М. Сеченов, геолог А. А. Иностранцев, почвовед В. В. Докучаев, географ А. И. Воейков, химик Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров, Н. А. Меншуткин. Другими Владимира Ивановича были люди незаурядные, ставшие впоследствии крупными учеными, общественными деятелями: С. Ф. Ольденбург, Ф. Ф. Ольденбург, А. А. Корнилов, А. Н. Краснов, Н. Г. Ушинский, И. М. Гревс. Они объединились в кружок, «братство». Руководствова-



представляется, когда оно составляет все,—...оно обновляет, возрождает человека». Им суждено было прожить вместе более полувека.

Свои первые научные исследования Вернадский проводил под руководством замечательного ученого, основателя почвоведения В. В. Докучаева, который придерживался такого принципа: «Постоянно необходимо иметь в виду природу, взятую в ее единстве, цельности, чтить и штудировать все главнейшие элементы ее». Вернадскому довелось стажироваться в лучших кристаллографических и минералогических лабораториях Европы: в Мюнхене, Берлине, Париже. И одновременно с конкретными исследованиями он продолжал напряженно размышлять о закономерностях работы великой химической лаборатории Земли. «Минералы,— записывал он в дневнике,— остатки тех химических реакций, которые происходили в разных точках земного шара; эти реакции идут согласно законам, нам неизвестным... Задача — связать эти разные фазисы изменения Земли с общими законами небесной механики. Мне кажется, что здесь скрыто еще больше, если принять сложность химических элементов и неслучайность их группировки... Для этого нужны огромные знания и такой смелый ум, какой верно еще не скоро явится».

Действительно, явился этот ум лишь спустя три десятилетия. Обладателем его был... В. И. Вернадский. Но прежде была упорная работа в экспедициях и лабораториях, связанная с конкретными геологическими разработками и наиболее общими вопросами бытия и познания. Он учился, говоря словами В. Блейка (перевод С. Я. Маршака):

В одном мгновенье видеть вечность,
Огромный мир — в зерне песка,
В единой горсти — бесконечность
И небо — в чашечке цветка.

Новизна и смелость его мысли проявились уже в первом курсе минералогии, читанном в конце прошлого века. Молодой приват-доцент Вернадский предложил такое определение: «минералогия представляет собой химию земной коры» (в сущности, речь идет о геохимии, тогда

лись они следующими правилами жизни (не в теории, а на практике): работай как можно больше; потребляй (на себя) как можно меньше; на чужие нужды смотри, как на свои...

О Вернадском тех лет Гревс писал: «Он живо интересовался гуманитарными науками, историей, правом, религией... Начитанность его была поразительна... Полный, розовый, сдержанно-приветливый, улыбающийся, он смотрел на людей с уравновешенным, критическим вниманием. Но в движениях его чувствовалась нервность, в словах и тоне

проглядывала легкая насмешливость, а в действиях иногда род задора... Вернадский слагался ярко выраженным индивидуалистом; но он не был никак противообщественным».

Состояла в «братстве» и будущая жена Владимира Ивановича — Наталья Егоровна Старицкая. Он писал ей: «...мне кажется, что те, которые потом разлюбили — никогда не любили: они увлеклись красотой или молодостью, может быть, иной раз находились под впечатлением минуты, под влиянием целого ряда случайно сложившихся обстоятельств. Но они не любили так, как мне это чувство

еще не существовавшей). Это было не традиционное описание минералов, а исследование их динамики и происхождения, связей со сферами Земли, круговоротами химических элементов. Впервые к трехмерному «пространству минералогии» была добавлена четвертая координата — время. Так Вернадский пришел к открытию двух обширных областей наук о Земле — генетической минералогии и геохимии.

Тогда же, в конце XIX века, он совершил экспедицию на Урал и в Предуралье. Его восхитили минеральные богатства этих мест. Гнетущее впечатление осталось от жестокой эксплуатации людей, от неразумного хищнического использования природных ресурсов (на одном месторождении выбрасывали — как ненужную глину — ценнейшую никелевую руду!).

В 1897 году Вернадский защищает докторскую диссертацию по кристаллофизике: «О явлении скольжения кристаллического вещества». На следующий год назначается профессором Московского университета. В 1909 году избирается в Академию наук. За 20 лет им опубликовано более ста научных работ.

Но все это — внешние приметы его научной судьбы. Мир его мысли расширяется необычайно. Вот темы его исследований: общая минералогия и общая кристаллография, кристаллофизика и кристаллохимия, почвоведение, геохимия, учение о полезных ископаемых, метеоритика, общая геология, история и философия науки. Он проехал тысячи километров на поездах и в телегах, пересекая вдоль и поперек Европу, Кавказ, Урал; прошел сотни километров пешком, изучая рудники Урала, Польши, Чехословакии, Германии; древние вулканы Центральной Франции и огнедышащий Везувий; грязевулканы Керченского полуострова и Тамани; нефтепромыслы Баку; рудопроявления в горах Кавказа и на Украине, на Алтае и в Средней Азии; граниты Забайкалья и Франции; базальты Северной Ирландии...

С 1908 года начал выходить отдельными выпусками его «Опыт

описательной минералогии». Издание продолжалось до 1914 года. Работая над вторым томом, автор одновременно вносил исправления и дополнения в первый, затем принялся перерабатывать второй том, а последующих так и не написал. Незавершенность этой работы была предопределена. Слишком широк был охват реальности, слишком велик замысел. Помимо химических и физических свойств минералов автор писал о строении Земли, взаимодействиях геосфер, о геологической деятельности природных вод, организмов и человечества. Минералогия превращалась в какую-то иную науку. Это уже была геохимия, изучающая историю атомов Земли, их перемещения и превращения.

Имеет смысл вспомнить некоторые высказывания Вернадского тех лет, предвещающие его последующие идеи о геологической деятельности человека. Он пишет об использовании минеральных ресурсов и добавляет: «Еще большее влияние оказывает человек полным изменением лица Земли, которое производится им во все большие и большие размерах по мере развития культуры и распространения влияния культурного человечества. Земная поверхность превращается в города и культурную землю и резко меняет свои химические свойства. Изменяя характер химических процессов и химических продуктов, человек совершает работу космического характера».

Многие современные ученые относят минеральные ресурсы к ряду невозобновляемых. Но вот — одна фраза Вернадского, не замеченная в свое время, не замечаемая и теперь, многие десятилетия спустя: «Химическая работа человечества должна сделаться интенсивнее; оно будет вынуждено концентрировать руды, то есть быстро производить природную геологическую работу, идущую медленно — веками и тысячелетиями». Сейчас это направление геологических поисков связано с геотехнологическими методами разработки и воссоздания месторождений полезных ископаемых.

Начало нашего века было наиболее плодотворным в деятельности

Владимира Ивановича. Продолжая многочисленные исследования частных научных проблем, он в то же время осуществляет синтез знаний, приходя к общегеологическим и общенаучным обобщениям. Он пишет великолепные очерки по истории науки и о научном мировоззрении, возвещая о наступлении века беспрецедентного научно-технического прогресса.

В 1910 году он сделал два научных доклада, посвященных изучению радиоактивных минералов. Подчеркивая великое значение познания и использования атомной энергии, он первым заговорил об ответственности ученых и государственных деятелей, призванных использовать этот источник энергии на благо людей. Вернадский стал вдохновителем и участником первых радиевых экспедиций в России.

Увлеченность научным творчеством не превращала Владимира Ивановича в кабинетного теоретика. Он признавался: «Я никогда не жил одной наукой». Его постоянно волновали события общественной жизни. В статье «Три решения» (1906 г.) он писал: «На русский народ выпала фатальным ходом истории доля двойной тяготы: бесправие, полная подчиненность государству, самые элементарные нарушения права личности, отнятые в пользу государства на чуждые цели... соединились с захватом в пользу меньшинства источников народного богатства...». В 1911 году он в числе многих преподавателей покидает Московский университет (проработав в нем четверть века!) в знак протеста против антидемократических действий правительства и переезжает в Петербург.

В начале первой мировой войны выяснилось, что отсутствуют в стране некоторые стратегически важные минеральные ресурсы. Следовало активизировать их поиски. По инициативе и под председательством Вернадского в 1915 году создается при Академии наук Комиссия по естественным производительным силам России (КЕПС). Объединив крупнейших русских ученых, она проводила огромную научно-исследова-

тельскую работу (наиболее интенсивно — уже при Советской власти). От комиссии впоследствии отделились многочисленные научные институты: Радиевый, Почвенный, Географический и другие, а также несколько комиссий и Биогеохимическая лаборатория. С именем Вернадского связано создание целого ряда академических учреждений нашей страны. Благодаря его усилиям была создана Украинская Академия наук; В. И. Вернадский стал первым ее президентом.

В конце 1921 года Владимир Иванович возглавил Радиевый институт. Он продолжает разрабатывать учение о геологической деятельности организмов (живого вещества) и о биосфере (области жизни). В. И. Вернадского приглашают прочесть курс лекций в Сорбонне. 1923—1926 годы он проводит за границей, преимущественно в Париже, ведет интенсивную преподавательскую и научную работу. Выходят в свет лекции ученого по геохимии, статьи по различным наукам о Земле, а также о геохимической деятельности и будущем человечества. В 1926 году опубликована его знаменитая монография «Биосфера». С этой поры главной для Владимира Ивановича остается тема биосферы и ее перестройки человеком. Вместе с тем он продолжал исследования по истории знаний, геохимии, минералогии, уделяя много внимания радиоактивным минералам. Из общетеоретических проблем особо выделял познание времени (преимущественно в геологическом аспекте) и симметрии.

Нападение фашистской Германии на нашу страну в 1941 году Владимир Иванович переживал очень сильно. Но в победе над фашизмом не сомневался, веря в нее как в историческую неизбежность. «Идеалы нашей демократии,— писал он,— идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере». В 1943 году в Боровом (Казахская ССР) умирает его жена, друг и помощница Наталья Егоровна. 6 января 1945 года в Москве на восьмидесятом втором году жизни скончался Владимир Иванович Вернадский.

Труды его продолжают издаваться по сей день, не утрачивая со временем своей научной и философской значимости. Более того, за последние годы в нашей стране и во всем мире чрезвычайно возрос интерес к творчеству и личности Владимира Ивановича. «Молодым поколениям,— пророчески писал его ученик А. Е. Ферсман,— он всегда будет служить учителем в науке и ярким образцом плодотворно прожитой жизни».

Владимир Иванович постоянно уделял много внимания созданию научных коллективов, считая совместные поиски истины одной из важных сторон работы в науке. Еще в конце прошлого века, организуя московскую научную школу минералогов и геохимиков, он писал жене: «Я чувствую, что поступил правильно, направляя главные усилия на выработку научных работников и создание традиции научной работы». Не случайно среди его учеников были ученые с мировым именем: А. Е. Ферсман, Я. В. Самойлов, В. Г. Хлопин, А. П. Виноградов, К. П. Флоренский.

Именем Вернадского назван Институт химии и аналитической химии АН СССР. Невдалеке от этого института проходит современный красивый проспект имени Вернадского (аналогичный проспект есть в Киеве). В вестибюле станции Московского метрополитена «Проспект Вернадского» установлен скульптурный портрет ученого. Крупное научно-исследовательское судно АН УССР «Академик Вернадский» изучает моря и океаны. В честь Владимира Ивановича названы два минерала (вернадит и вернадскит), гора на острове Парамушир (Курильский архипелаг), пик в районе Подкаменной Тунгуски вблизи места падения Тунгусского метеорита, подледные горы в Восточной Антарктиде, кратер на обратной стороне Луны. В 1963 году Академия наук учредила Золотую медаль имени В. И. Вернадского, присуждаемую один раз в три года за достижения в области геохимии, биологии, космохимии, радиогеологии.

Еще сравнительно недавно творчество Вернадского оставалось достоянием преимущественно специа-

листов — минералогов, кристаллографов, геохимиков, отчасти биологов и географов. Теперь мы все больше понимаем его общенаучную и общечеловеческую значимость. Учение о биосфере и ее преобразовании признано одним из крупнейших интеллектуальных достижений XX века.

В чем же плодотворность этого учения? Нередко можно услышать или прочесть, что Вернадский первым раскрыл глобальную и космическую сущность человечества. Это не совсем так. Начиная с античности и поныне многие философы утверждали и утверждают неразрывную связь человека с окружающей средой, космосом, эволюцией материи. Много и интересно писал об этом в XVIII веке немецкий философ И. Гердер. В прошлом веке К. Маркс и Ф. Энгельс выдвинули тезис о взаимодействии человека и природы, указав на двойственную роль человека в этом процессе. Человек не может существовать без использования богатств природы и в этом смысле полностью зависим от нее. Но он способен активно, целеустремленно перестраивать природу — и в этом смысле господствует над ней. Тогда же было издано превосходное исследование Г. Марша «Человек и природа, или о влиянии человека на изменение физико-географических условий природы» (СПб., 1866). Кстати, понятие о ноосфере первыми выдвинули французские мыслители Тейяр де Шарден и Э. Ле Руа (под впечатлением сорбоннских лекций Вернадского).

В чем же новизна и ценность подхода Вернадского к проблемам биосферы и ноосферы? Прежде всего: он рассматривал структуру и эволюцию всей планетной области жизни как особую сферу Земли в ее связи с потоком лучистой энергии Солнца. Живое вещество неотделимо от биосферы, органично вплетено в ее структуру. И человеческое познание, по Вернадскому, является не только личностным и социальным феноменом, но и своеобразным планетным явлением, сопряженным с областью жизни: «Мы живем в биосфере и ощущаем ее всем своим существом. Все передается нам че-



Схема круговоротов некоторых веществ в биосфере. Ф — фотосинтез, М — минеральные вещества, Орг — органические, ИТ — ископаемое топливо. Основной источник энергии — солнечное излучение. На графике внизу: обновление некоторых компонентов в биосфере (слева) и техносфере (справа). Цифры показывают, за сколько лет полностью обновляются (по приблизительным оценкам) соответствующие компоненты. Показатель для воды в техносфере учитывает загрязнение природных вод

рез биосферу. Выше и ниже ее человек может проникать только логическим путем, разумом... В сущности человек, являясь частью биосферы, только по сравнению с наблюдаемыми на ней явлениями может судить о мироздании». «Логика естествознания,— считал он,— в своих основах теснейшим образом связана с геологической оболочкой, где проявляется разум человека, то есть связана глубоко и неразрывно с биосферой, единственной областью жизни человека, с состоянием ее физико-химического пространства-времени.

Вернадский первым постарался

количественно оценить геологическую деятельность живого вещества и человечества. Он подчеркивал первостепенное значение энергетических и структурных воздействий на биосферу, осуществляемых посредством техники. В отличие от идеальной «сферы разума» Тейяра де Шардена и Э. Ле Руа, ноосфера Вернадского — область активной геологической деятельности, материальных преобразований. Вернадский первым начал глубокое изучение химического строения и структуры биосферы — круговоротов вещества, динамического равновесия природных процессов, диссимметрии (устой-

чивых нарушений симметрии) области жизни, ее эволюции и т. д. Известный американский ученый Дж. Хатчинсон справедливо отметил: «Концепция биосферы, которую мы принимаем сейчас, в основном опирается на идеи Вернадского».

Творчество В. И. Вернадского пронизано ощущением цельности мироздания, включающего биосферу, живое вещество, мыслящую человеческую личность. Он не старался сводить к примитивным механическим схемам многообразие, постоянную изменчивость явлений биологических, геологических, социально-технических. Исходя из этого, высоко ценил эмпирические обобщения и скептически относился к научным теориям. Считал, что натуралистам не следует «мириться с приматом математических, астрономических и физико-химических наук», низводящих живое вещество и человечество «на положение ничтожной подробности в Космосе».

..Гениальная личность В. И. Вернадского ярко проявлялась в его научных достижениях. Есть все основания полагать, что именно под влиянием его идей во второй половине XX века происходит смена научного мировоззрения; учение о биосфере и ее преобразовании человеком выступает на первый план, начинает занимать центральное место в современном естествознании. И это вполне понятно и справедливо.

Для активной эксплуатации природных ресурсов необходима прежде всего мощная техника. Этим объясняется примат физико-математических наук с периода становления капитализма (начиная с классической механики эпохи Возрождения). Их достижения в начале нашего века содействовали колоссальным техническим свершениям: овладению атомной энергией, выходу человека в космос, созданию ЭВМ. Однако все эти успехи содействовали не расцвету, а частичной дегра-

дации и загрязнению биосферы. Для того, чтобы противодействовать подобным негативным явлениям, вредным и непредусмотренным результатам глобальной человеческой деятельности, необходим новый взлет научной мысли, определяемый прогрессом наук о Земле, жизни, человеке.

Вот почему труды Вернадского, в которых осуществлен синтез знаний о биосфере и ноосфере, остаются новаторскими, проторяющими новые пути для современной научно-философской мысли. Осуществляется замечательное предвидение К. Маркса: «Впоследствии естествознание включит в себя науку о человеке в такой же мере, в какой наука о человеке включит в себя естествознание: это будет одна наука». Творчество Вернадского — убедительное тому подтверждение.

НОВЫЕ КНИГИ

НЕОБЫЧНАЯ КНИГА ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ

В 1982 году в издательстве «Просвещение» вышла в свет книга «Астрономия в вопросах и ответах», в основу которой положена известная книга английского астронома Дж. Пикеринга «Тысяча и один вопрос по астрономии».

«Астрономия в вопросах и ответах» выпущена на английском языке и предназначена для школьников десятых классов и учащихся профтехучилищ, интересующихся астрономией и космонавтикой и желающих познакомиться с английской научной терминологией. Текст первоисточника подвергнут некоторой адаптации и снабжен комментариями (адаптация, примечания и словарь В. А. Миненковой). Книга вышла под редакцией доктора физико-математических наук А. А. Гурштейна. Книга для чтения по астрономии и космонавтике впервые выходит на английском языке в издательстве «Просвещение». Она содержит ответы на 309 вопросов, ко-

торые систематизированы в 12 небольших разделах, посвященных Солнцу, Земле, Луне и т. д. Отдельные разделы включают ответы на вопросы о выдающихся астрономах и освоении Вселенной средствами космонавтики. «Astronomy in questions and answers» может быть рекомендована многим любителям астрономии.

КАК ЭВОЛЮЦИОНИРУЕТ ВСЕЛЕННАЯ

Вторым, переработанным изданием вышла в свет в 1983 году в издательстве «Наука» книга И. Д. Новикова «Эволюция Вселенной». Эта книга, первое издание которой было отмечено дипломом и премией на Всесоюзном конкурсе научно-популярной литературы, ежегодно продаваемом Всесоюзным обществом «Знание», содержит популярное изложение основ современной физиче-

ской космологии. В предисловии к книге автор указывает, что ее чтение не требует «каких-либо специальных знаний, кроме астрономии, физики и математики в рамках курса средней школы».

Первая глава книги («Расширяющаяся Вселенная») знакомит читателей с тем, как было открыто и доказано расширение Вселенной. Во второй главе («Релятивистская космология») изложены основные идеи эйнштейновской теории тяготения и дается понятие о геометрических свойствах мегамира. Третья глава посвящена гипотезе горячей Вселенной. В четвертой главе рассмотрены некоторые вопросы образования структуры Вселенной (от первичной гравитационной неустойчивости до происхождения галактик). Заключительную, пятую, главу автор назвал «Границы». Здесь читатель получит представление о космологической сингулярности, квантовых процессах «вблизи самого начала», познакомится с идеями о сложной топологии пространства Вселенной и со многими другими увлекательными проблемами современной космологии.



Доктор юридических наук
В. С. ВЕРЕЩЕТИН
Доктор технических наук
В. Ю. РУТКОВСКИЙ
Кандидат технических наук
Н. Б. СУДЗИЛОВСКИЙ

Борис Николаевич Петров (к 70-летию со дня рождения)

11 марта 1983 года в конференц-зале Президиума АН СССР состоялось заседание, посвященное 70-летию академика Б. Н. Петрова. Вступительное слово произнес вице-президент АН СССР академик В. А. Котельников. С докладом о жизни и творчестве Б. Н. Петрова выступил академик О. М. Белоцерковский. Своими воспоминаниями поделились академик Р. З. Сагдеев, член-корреспондент АН СССР Б. В. Раушенбах, член-корреспондент Польской академии наук Я. Рыхлевский и ряд других ученых. Ниже публикуются статья о жизни и деятельности Б. Н. Петрова, а также воспоминания о нем президента Чехословацкой академии наук, председателя чехословацкой комиссии «Интеркосмос» академика ЧСАН Б. Квасила, председателя Национального координационного комитета ГДР по исследованию и использованию космического пространства академика АН ГДР К. Гроте и председателя комиссии «Интеркосмос» Кубы профессора Х. Альтшулера.

Академик Б. Н. Петров родился 11 марта 1913 года в Смоленске. Его мать, Вера Владимировна, была врачом, отец, Николай Георгиевич, — бухгалтером. Когда вскоре после революции в истерзанной войной стране вспыхнула эпидемия тифа, Вера Владимировна все силы и умение отдавала борьбе с эпидемией. Но вскоре сама заразилась и в 1919 году умерла. В 1929 году умер и Николай Георгиевич. Заботы о воспитании Бориса и его младшей сестры Тамары в основном легли на плечи их теток — Елены Георгиевны и Марии Владимировны.

Закончив в феврале 1930 года школу, Борис Николаевич некоторое время работал счетоводом в колхозе, а осенью уехал в Москву. Там его приняли в фабрично-заводское училище имени С. Орджоникидзе, и он получил специальность токаря.

В 1933 году Борис Николаевич поступил в Московский энергетический институт, а в 1939 году с отличием его окончил и получил назначение в Институт автоматики и телемеханики (ныне Институт проблем управления). Здесь он работал до последних дней своей жизни и прошел путь от рядового инженера до всемирно известного ученого.

Первые работы молодого ученого были посвящены автоматизации процесса непрерывной разливки металла из мартена.

Когда началась Великая Отечественная война, Институт автоматики и телемеханики эвакуировали в Ульяновск. Борису Николаевичу пришлось заняться проблемой автоматического контроля размеров гильз. О полученных результатах 7 ноября 1945 года

многотиражная газета Московского энергетического института «Энергетик» писала так: «Недоверчиво покачивали головой старые мастера, рассматривая проекты Петрова, опытные конструкторы-чертежники опустили руки, считая идеи Петрова практически неосуществимыми. Но Петров верил в свои силы... Он снова и снова проверял расчеты, сверял чертежи, конструировал новые приспособления... К концу 1942 года первый станок бойко защелкал, сортируя и отбраковывая гильзы. Станок локального обмера гильз (ЛОГ) системы проф. Трапезникова и инженера Петрова поступил на вооружение страны».

В 1945 году Б. Н. Петров представил к защите кандидатскую диссертацию на тему «Анализ автоматических копировальных систем». За эту работу ему сразу была присуждена ученая степень доктора технических наук. В отзыве на диссертацию известный советский математик академик Н. Н. Лузин отмечал: «Представленная диссертация... имеет высокие достоинства, позволяющие рассматривать ее как выдающееся среди других работ явление...».

Основная научная деятельность Б. Н. Петрова связана с теорией управления (сюда же относится и защищенная им диссертация).

Борис Николаевич Петров был одним из основоположников теории инвариантности, которая позволяет создавать системы управления, обеспечивающие полную независимость (абсолютную инвариантность) поведения объекта управления от различных возмущающих факторов. Например, если автопилот сконструи-



*Борис Николаевич
Петров (1975 г.)*

рован так, что курс самолета не изменяется при боковых порывах ветра, то система управления (самолет плюс автопилот) будет инвариантной по отношению к этим возмущениям (порывам ветра). Но сконструировать, или, как говорят, физически реализовать, абсолютно инвариантную си-

стему далеко не всегда возможно. Б. Н. Петровым найдены условия, при выполнении которых это удастся сделать. Они известны теперь как принцип двухканальности Б. Н. Петрова. Теоретические работы Б. Н. Петрова легли в основу высокоэффективных инвариантных систем управления и измерительных приборов, внедренных в самых разнообразных отраслях промышленности.

В течение 50—60-х годов Б. Н. Пет-

ров проводил теоретические и экспериментальные исследования в области нелинейных сервомеханизмов (различного рода исполнительных устройств, например рулевых машин в автопилотах). Под его руководством был разработан ряд новых типов быстродействующих электрогидравлических сервомеханизмов, использовавшихся в промышленности для объектов новой техники.

С 1955 года под руководством и при непосредственном участии Бориса Николаевича развивались методы построения нелинейных систем автоматического управления с переменной структурой, в которых структура (тип отдельных элементов системы) меняется в процессе нормальной работы в зависимости от значений ее выходных координат. Эти системы представляют качественно новый класс систем управления, обеспечивают высокую статическую и динамическую точность управления.

Ученым разных стран известны работы Б. Н. Петрова по теории беспорядковых самонастраивающихся систем. Эти системы отличаются тем, что их параметры автоматически перестраиваются в зависимости от изменяющихся параметров объекта, подобно тому, как изменяется фокусное расстояние хрусталика глаза, когда мы переводим взгляд с удаленного предмета на более близкий. Под руководством и при непосредственном участии Б. Н. Петрова были созданы самонастраивающиеся системы управления, которые способствовали развитию теории координатно-параметрического управления. Параметрическое управление — это целенаправленное изменение параметров объекта (площади или угла стреловидности крыла, расстояния между центром давления и центром масс и т. д.).

В 50-х годах Борис Николаевич начал работать вместе с академиком С. П. Королевым — разрабатывал регулирующие устройства для ракетно-космических систем. Так появилось новое научное направление — теория бортовых систем управления, которые обеспечивают заданную точность в конечный момент времени работы объекта.



Академики Б. Н. Петров (слева) и С. П. Королев на одном из совещаний в Академии наук СССР (1958 г.)

Борис Николаевич занимался исследованиями нестационарных систем, синтезом алгоритмов управления как обратной задачи динамики, работами, посвященными проблемам управления летательными аппаратами. Эти исследования имели важное значение для создания орбитальных станций, повышения точности управления сближением и стыковкой блоков станции, автоматизации сборки и монтажа станции, управления луноходами, а также космическими кораблями при спуске в атмосферу.

Борис Николаевич написал сам и вместе с учениками более двухсот научных работ, среди которых двенадцать книг и монографий. Б. Н. Петров уделял много внимания разработке конкретных систем управления и технических средств автоматизации. Он автор восьмидесяти изобретений. Борис Николаевич опубликовал

в центральной печати (в том числе и в журнале «Земля и Вселенная») около двухсот популярных статей.

В 1953 году Б. Н. Петрова избрали членом-корреспондентом АН СССР, в 1960—академиком. Ему присуждены Ленинская и дважды—Государственные премии СССР.

Борис Николаевич был талантливым педагогом. Преподавательскую деятельность он начал в 1944 году на кафедре «Автоматическое управление и стабилизация самолетов». (С 1950 года и до последних дней своей жизни Б. Н. Петров возглавлял эту кафедру, преобразованную позднее в кафедру «Системы автоматического управления летательными аппаратами».) Борис Николаевич создал и прочитал курс «Автоматика мотора и винта». Этот курс отражал новейшие (по тем временам) достижения теории автоматического регулирования, в нем рассматривались такие актуальные тогда проблемы, как автоматическое регулирование скорости вращения винта с изменяемым шагом, давления наддува, температуры двигателя. Лекции Б. Н. Петрова, простые по форме, но глубокие по со-

держанию, всегда пользовались успехом у студентов.

Борис Николаевич был не только крупным ученым, но и выдающимся организатором советской науки. С 1963 года он бессменно возглавлял Отделение механики и процессов управления АН СССР, а в 1979 году его избрали вице-президентом Академии наук СССР.

В мае 1966 года Б. Н. Петров был назначен председателем Совета «Интеркосмос» при АН СССР. С деятельностью Б. Н. Петрова на этом посту связано становление и успешное развитие крупнейших международных программ Советского Союза в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях.

Вместе с академиком М. В. Келдышем Б. Н. Петров стоял у истоков международного сотрудничества социалистических стран (программа «Интеркосмос»), а также двусторонних программ с Францией, США, Индией и другими странами и международными организациями.

Большая личная дружба связывала Б. Н. Петрова с председателями национальных организаций «Интеркосмос» социалистических стран. Его глубокие и разносторонние знания, высокий авторитет, обаяние и самоотдача сыграли огромную роль в успешной реализации программы «Интеркосмос», которая сейчас выросла в одну из крупнейших и общепризнанных программ международного научно-технического сотрудничества. В каждом из спутников, запускаемых по этой программе, в каждом международном пилотируемом полете была частица души Б. Н. Петрова.

Много внимания уделял Б. Н. Петров развитию советско-французского сотрудничества в космосе. Ему принадлежит немалая заслуга в том, что это сотрудничество стабильно развивается на протяжении уже свыше 15 лет и ознаменовалось более чем 40 совместно выполненными проектами и экспериментами, а также полетом французского космонавта на советском космическом корабле и орбитальной станции.

Неоценима роль Б. Н. Петрова в организации и реализации советско-

американского космического проекта «Союз» — «Аполлон».

С именем Бориса Николаевича связано и развитие советско-индийского сотрудничества в области космоса. Запуск трех индийских спутников советскими ракетами-носителями, совместно выполненные эксперименты, подготовка к советско-индийскому космическому полету — свидетельства успешного развития этого сотрудничества.

Плодотворная деятельность Бориса Николаевича получила международное признание. Его избрали иностранным членом ряда Академий наук социалистических стран, действитель-

ным членом Международной академии космонавтики, он награжден иностранными орденами.

Б. Н. Петров вел большую научно-организационную и общественную работу: был членом Комитета по Ленинским и Государственным премиям, Высшей аттестационной комиссии, входил в состав руководства Международной федерации по автоматическому управлению, был главным редактором ряда журналов. В 1980 году его избрали депутатом Верховного Совета РСФСР.

Коммунистическая партия и Советское правительство высоко оценили заслуги Б. Н. Петрова перед Родиной. Ему присвоено высокое звание Героя Социалистического Труда, он награжден пятью орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды и медалями.

Все, чего достиг Борис Николаевич, — результат огромного, напряженного труда. Он был всесторонне

образованным человеком. Прекрасно знал художественную литературу, искусство. В редкие часы отдыха любил рисовать; его пейзажи и портреты отмечены печатью большого мастерства и безукоризненного вкуса.

Умер Борис Николаевич 23 августа 1980 года в расцвете творческих сил. В начале мая он лег в больницу, но даже и там продолжал активно работать. В конце мая, а потом в июле (то есть всего лишь за месяц до кончины) покинул больницу и летал на космодром Байконур, чтобы проводить советско-венгерский и советско-вьетнамский экипажи. А когда советско-венгерский экипаж возвратился на Землю, вел пресс-конференцию и сделал прекрасный доклад...

Бориса Николаевича Петрова, выдающегося ученого, верного сына своей Родины, необыкновенно доброго человека, человека большой душевной чистоты и обаяния, любили и его учителя, и его коллеги, и его ученики.

Академики (слева направо)

В. И. Дикунин, Б. Н. Петров,

Б. М. Вул, Н. Г. Басов,

К. А. Андрианов и

Н. М. Жаворонков после вручения
высоких наград Родины (1969 г.)



Из воспоминаний о Борисе Николаевиче Петрове

Президент Чехословацкой академии наук, председатель чехословацкой комиссии «Интеркосмос» академик
Б. КВАСИЛ

С Б. Н. Петровым, выдающимся исследователем и организатором науки, меня связывала искренняя дружба, продолжавшаяся более двух десятилетий. Вспоминая наши встречи, я вновь и вновь осознаю, какой замечательной личностью был Борис Николаевич Петров, какой неизгладимый след оставил он в мировой науке, какой вклад внес в развитие космонавтики. Б. Н. Петров всегда был большим другом братских народов социалистической Чехословакии. Академик Б. Н. Петров обладал блестящей способностью отличать важное от менее существенного и выделять проблемы соответственно их значению. На мой взгляд, это важнейшее качество любого современного ученого — организатора научных исследований. В решении всех проблем он был объективен и свою точку зрения умел обосновать убедительно и ясно, что несомненно способствовало утверждению его авторитета.

Б. Н. Петров высоко оценивал работу чехословацких ученых и их вклад в развитие программы «Интеркосмос». В любое время к нему можно было обратиться за помощью и советом.

Чехословацкие коллеги навсегда сохраняют память об этом замечательном человеке и ученом.

Председатель Национального координационного комитета ГДР по исследованию и использованию космического пространства академик
К. ГРОТЕ

Академик Б. Н. Петров занимает выдающееся место в истории исследования космического пространства. Особенно велик его вклад в разработку теоретических и практических

вопросов управляемых космических систем.

С большим знанием дела и пониманием он поддерживал исследовательскую деятельность ученых стран социалистического содружества, в том числе и ученых ГДР, проводимую по программе «Интеркосмос».

Я познакомился с Борисом Николаевичем в начале 1974 года в Гаване на совещании руководителей программы «Интеркосмос». На меня произвели большое впечатление его глубокие знания, убедительность приводимых им научных аргументов, способность внимательно выслушивать собеседников и по-деловому обсуждать все проблемы.

И хотя его главной заботой было конкретное использование результатов космических исследований, он всегда подчеркивал важность фундаментальных космических экспериментов. Для Б. Н. Петрова «чистая» наука и прикладные разработки не были антиподами. В его представлении они являли собой единое целое и не позволяли отдавать предпочтение одному перед другим. Как раз в этом отношении он оказал на меня благотворное влияние, и я благодарен ему за множество добрых советов и указаний.

У Бориса Николаевича было много учеников в Советском Союзе и других социалистических странах, включая ГДР. Теперь эти ученики сами стали крупными учеными и инженерами. Хочется надеяться, что активная работа ученых ГДР, занимающихся программой «Интеркосмос», станет достойной памяти Б. Н. Петрова.

Председатель комиссии «Интеркосмос» Кубы профессор
Х. Альтшулер

Есть немало деятелей науки, память которых чтут, отдавая дань их таланту, их достижениям. Но среди них не так много тех, о ком вспоминают с искренней любовью все, кто работал с ними. Академик Борис Николаевич Петров принадлежал именно к таким

людям. Выдающийся ученый, неутомимый труженик, организатор науки. Цельность характера, скромность, доброта составляли самую сущность его привлекательной личности. Неудивительно поэтому, что я, как и многие другие его коллеги и друзья, почитал за редкую удачу, что мне довелось работать с ним, особенно во время ежегодных совещаний руководителей программы «Интеркосмос».

Наши встречи и беседы с Б. Н. Петровым неизменно были и приятны, и содержательны — из простого дружеского обмена мыслями с ним мы не раз извлекали полезные уроки и советы, важные для дальнейшей работы. В своих суждениях он проявлял максимальную уважительность к мнениям других, сколь бы эти мнения ни отличались от его собственных. Он способствовал расширению международного сотрудничества в интересах развития нашей страны, проведения в ней важных работ, относящихся к космическим исследованиям и их использованию в мирных целях.

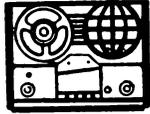
Летом 1976 года после переговоров в Москве именно по инициативе Б. Н. Петрова на Кубе начала разрабатываться программа дистанционного зондирования Земли, позволявшая нам получить ценную информацию о природных ресурсах и окружающей среде нашей страны.

В осуществлении полета космического корабля «Союз-38» (экипаж — Ю. В. Романенко и А. Т. Мендес), в разработке соответствующей научной программы участвовали 200 кубинских ученых и специалистов высокой квалификации.

Следует отметить, что основные результаты получены в биологических и медицинских экспериментах. Это еще раз подтверждает мысль, которую неоднократно высказывал академик Б. Н. Петров, а именно: в этой области наши ученые смогут быстро добиться ценных результатов.

В заключение хочется подчеркнуть: успешная реализация наших разработок на борту орбитальной станции «Салют-6» открывает блестящие перспективы для дальнейшего участия Кубы в области космических исследований. И, безусловно, многим и многим мы обязаны реальной помощи Бориса Николаевича Петрова, его идеям. Как нам хотелось разделить с ним часы радости после советско-кубинского полета! Увы, он умер всего лишь за несколько недель до этого. Но я убежден, что его очень порадовал бы достигнутый успех, потому что он принадлежал и ему.

Кубинские ученые навсегда сохраняют благодарную память о Борисе Николаевиче Петрове.



НАШИ
ИНТЕРВЬЮ

Геофизики о своей профессии

Редакция получает много писем от читателей, интересующихся профессией ученых, которые занимаются науками о Земле. В связи с этим редакция обратилась к нескольким ведущим специалистам в области геофизики с просьбой ответить на следующие вопросы:

1. Почему и при каких обстоятельствах Вы выбрали Вашу профессию?
2. Считаете ли Вы, что Ваши надежды оправдались, и если нет, то почему?
3. Какой Вы представляете себе Вашу профессию в будущем?

**Академик
Михаил Александрович
Садовский**

1. Поступая в 1922 году на физико-механический факультет Ленинградского политехнического института имени М. И. Калинина, я нисколько не думал и ничего не знал о геофизике. Работал тогда в лаборатории, изготовлявшей для Народного комиссариата почт и телеграфов усилительные и генераторные радиолампы. Все шло тихо и спокойно, пока на доске объявлений нашего факультета не появилось сообщение о предстоящих лекциях по геофизике академика П. П. Лазарева. Здесь же упоминалось, что геофизики работают в экспедициях, изучают земные недра в неисследованных районах и т. д. Шел мне девятнадцатый год, и я записался на эти лекции. Однако П. П. Лазарев тогда не приехал в Ленинград, лекции были перенесены, не приехал он и позднее, и я начисто забыл о геофизике. Каково же было мое удивление и смятение, когда в мой преддипломный год факультетское начальство откомандировало меня на стажировку в Институт прикладной геофизики (были тогда в преддверии аспирантуры такие стажеры). Как я ни упирался, было твердо сказано: «Записался, ну и давай! Ты у нас числишься геофизиком и должен выполнить факультетский план!». Вот так я и попал в геофизики.



Кончал институт я уже как геофизик-гравиметрист-вариометрист под руководством члена-корреспондента АН СССР П. М. Никифорова и профессора Л. Г. Лойцянского. Вскоре П. М. Никифоров пригласил меня в только что организованный им Сейсмологический институт АН СССР. Там я быстро «изменил» гравиметрии, увлекшись изучением взрывов, чем потом занимался более сорока лет.

Возврат в геофизику произошел через 20 с лишним лет, когда я работал

в Институте химической физики у моего учителя и друга академика Н. Н. Семенова. Произошел он по инициативе незабвенного И. В. Курчатова, сначала направившего меня на Женевскую конференцию экспертов по запрещению ядерных испытаний в 1958 году, а затем предложившего заняться геофизическими вопросами, связанными с этой проблемой. В результате в начале 60-х годов я неожиданно для себя оказался на посту директора Института физики Земли (ИФЗ) АН СССР. Таким вот образом я вернулся на старое «пепелище» (Институт физики Земли был организован на базе Сейсмологического института) и начал новый «геофизический виток».

2. Мои мечты и надежды, безусловно, оправдались. Трудно себе представить большую удачу, чем работать на посту директора такого поистине замечательного института, каким является Институт физики Земли АН СССР. Конечно, поначалу трудно было снова «вползти» в геофизику, и, если бы не общение с чудесным коллективом института, я, вероятно, не смог бы так убежденно говорить об оправдании своих надежд. Но сейчас я повторяю: счастлив работать в ИФЗ АН СССР, счастлив еще и потому, что нашел в нем интереснейшее новое направление исследований, по-моему, чрезвычайно перспективное.

3. Что же касается моих представлений о геофизике будущего, то едва ли стоит о них распространяться, учитывая случайность моего «геофизического бытия». Лучше скажу несколько слов об упоминавшемся уже мною новом направлении в наиболее интересной для меня области геофизики, связанной с разработкой новых представлений о свойствах гор-

ной породы. Существующая в сейсмологии модель такова: горная порода — это сплошная среда, обладающая линейной упругостью. Считалось, что процессы в ней протекают непрерывно и поддаются описанию в рамках классической механики, теории упругости. Однако сейчас стала очевидной недостаточность подобной модели для многих геофизических процессов в твердой Земле.

Реальная горная порода, состоящая из множества разнообразных по размеру и свойствам отдельных блоков, взаимодействующих в процессе тектонического движения, должна рассматриваться как открытая система, элементы которой — блоки земной коры — взаимно обмениваются энергией. Подобный обмен, в условиях, когда система подпитывается энергией извне за счет деформирования блоков в тектонических движениях, сопровождается изменением энергетического состояния как всей системы, так и отдельных ее элементов. В зависимости от условий обмена элементы системы и система в целом способны достигнуть неустойчивости. В сейсмологии одним из ее последствий может быть землетрясение. Существенно, что в горной породе процесс накопления энергии, приводящий систему к неустойчивости, не меняет качественных свойств самой породы — она все время остается той же самой, подобной самой себе в широчайшем диапазоне масштабов. В частности, опыт указывает, что ее дискретность образует иерархическую последовательность, характеризующую наличие максимумов в распределениях по размерам на каждом масштабном уровне, причем максимумы эти описываются геометрической прогрессией с постоянным множителем, близким к 3—4. Оказывается, подобный характер свойствен и другим природным процессам, в частности, в своеобразную прогрессию с множителем того же порядка укладывается последовательность геологических циклов. Много интересного в области геологических явлений было обнаружено и описано членом-корреспондентом АН СССР В. Д. Наливкиным, а в биологических процессах — членом-корреспондентом АН СССР

А. В. Жирмунским и В. И. Кузминым. Может быть, дальнейшее развитие исследований указанных процессов позволит дать широкие научные обобщения многих природных явлений. Надо думать, и в других областях геофизики пересмотр общепринятых моделей также необходим для дальнейшего развития этой науки. Но ка-

ким окажется это развитие, пока едва ли можно сказать. Впрочем, так оно и должно быть: ведь развитие науки есть открытие нового, неизвестного. Хотелось бы только, чтобы прогресс геофизики способствовал объединению ее разделов, которые ныне, к сожалению, все больше и больше обособляются.

Член-корреспондент АН СССР Юрий Дмитриевич Буланже

1. «Виной» такого выбора были исключительно интересные лекции по гравиметрии, которые читал нам на последнем курсе геодезического факультета в Московском институте инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (МИИГАиК) профессор, а ныне академик А. А. Михайлов. Окончательный выбор моей профессии гравиметриста определила моя дипломная работа, выполненная под руководством доцента, а ныне члена-корреспондента АН СССР Н. Н. Парийского. С первых лет занятий в вузе меня привлекали точные измерения, требующие применения рафинированной методики исследований геодезических приборов. Был объявлен список дипломных работ и среди них названа одна — самая трудная из всех работ по гравиметрии: «Сокачание маятникового штатива». Мне все же удалось с ней справиться. Так и определилось на всю жизнь основное направление моей научной деятельности — высокоточные определения силы тяжести.

2. Мои мечты не только оправдались, но и превзошли во много раз то, чего с таким трудом мне приходилось добиваться в первые годы моей работы в Сейсмологическом институте АН СССР в лаборатории, руководимой профессором А. А. Михайловым. Тогда было рекордом измерять разность значений силы тяжести между двумя пунктами с точностью ± 1 — ± 2 мГал. Измерения эти требовали больших усилий, даже при работе с лучшими зарубежными приборами. Теперь же мы имеем возможность производить абсолютные



определения силы тяжести с погрешностью порядка ± 3 — ± 4 мкГал, то есть в 500 раз точнее. А в те времена даже такой единицы измерений, как микрогал, не существовало. Обходились миллигалом, редко его десятичными долями.

3. Геофизик будущего, по моим представлениям, — это широко образованный специалист, хорошо знающий основы, в первую очередь, таких классических наук, как математика, механика, физика, особенно физика твердого тела. Он должен уметь свободно обращаться с ЭВМ. Кроме того, и современный, и будущий геофизик обязан быть экспериментатором, причем необычайно важно уметь должным образом оценивать результаты проводимых экспериментов. Объектом исследований геофизика служит наша планета в целом. Все

геофизические явления и процессы, происходящие в ее недрах и в окружающем пространстве, тесно связаны, поэтому в будущем геофизики

должны проводить главным образом комплексные работы на основе сотрудничества специалистов различных научных направлений.

Член-корреспондент АН СССР А. С. Мони

1. До 1965 года я занимался геофизической гидродинамикой и, в частности, статистической гидродинамикой, то есть теорией турбулентности, с приложениями к земной атмосфере. В 1965 году вице-президент АН СССР М. Д. Миллионщиков предложил мне принять Институт океанологии АН СССР, который был тогда, вероятно, самым слабым из институтов Отделения наук о Земле АН СССР. Институт имел только одно научно-исследовательское судно зарубежного плавания — «Витязь», и по-настоящему сильной в нем была лишь морская биология, возглавлявшаяся Л. А. Зенкевичем и В. Г. Богоровым.

Оценив необходимость развития океанологии в целом и, в частности, перспективы приложения к ней собственных работ по геофизической гидродинамике, я согласился стать океанологом.

2. Да, мои мечты и надежды оправдались. Необходимость в освещении Мирового океана назрела, и наша страна, в том числе Академия наук СССР, уделили развитию океанологии значительные силы и средства. Институт вырос втрое, получил хороший научно-исследовательский флот, построил лабораторный корпус, в институте организовано конструкторское бюро. Теперь он входит в тройку сильнейших океанологических институтов мира.

Нам удалось развить гидродинамику океана, практически на пустом месте создать основы знаний об океанской турбулентности, недавно просуммированные в книге на эту тему, написанной мною в соавторстве с Р. В. Озмидовым, и методы математического моделирования океанских процессов; создать технику не-



посредственного проникновения человека в океанские глубины; возглавить развитие в нашей стране мобилистской глобальной геологии и добиться многого другого, что высоко оценено в нашей стране и за рубежом.

3. Мне представляется, что океанология прочно заняла место на стыке практически всех наук о Земле, и поэтому океанолог будущего должен быть разносторонним специалистом с широким кругозором и способностями к синтезу, должен понимать основные цели физики, химии, геологии и биологии океана и место своей специальности в этом научном комплексе. И, конечно, как и всегда, океанолог должен не бояться качки.

НОВЫЕ КНИГИ

К ЛЕДЯНОМУ КОНТИНЕНТУ

Свою новую книгу «Еще одно путешествие на край света» (М.: Мысль, 1982) известный полярный исследователь В. И. Бардин посвятил интересным районам Атлантики и Южного океана. Шесть очерков, составившие главы этой книги, написаны в разное время и на материале разных экспедиций, но вместе они создают яркую картину морского путешествия к берегам Антарктиды. Первая глава знакомит читателя с Канарскими островами. Автор увлекательно рассказывает об истории их завоевания европейцами, о древнем населении, истребленном испанцами, — гуанчах, природе и климате «островов благоденствия». «Побережье знойного лета» — так называется вторая глава, в которой ведется рассказ о центральной Африке, ее городах, тропических лесах, заповедниках.

Третья глава посвящена затерянному в Южной Атлантике крошечному вулканическому острову Святой Елены. Автор посетил этот остров, участвуя в одной из экспедиций в Антарктиду, и интересно рассказывает о его истории и современной жизни. Уникальный архипелаг Кергелен — тема четвертой главы. Из нее читатель узнает о геофизических исследованиях, которые проводят на острове французские ученые. Пятая глава — это увлекательное путешествие по Южному океану. Среди имен, увековеченных на его карте, немало имен русских мореплавателей, начиная с экспедиции Ф. Беллинсгаузена и М. Лазарева на шлюпах «Мирный» и «Восток», которая в начале прошлого века открыла южнополярный континент.

В заключительной главе автор рассказывает о советской полярной станции Молодежная, где уже 20 лет ведутся различные научные исследования. Много внимания уделено в книге людям, в разное время работавшим в Антарктиде.

Книгу дополняют прекрасные цветные фотографии и карты. Она адресована всем, кто интересуется географией и геофизикой.



Происхождение инертных газов в планетных атмосферах

Венера, известная как «планета загадок», вполне заслужила и название «планеты сюрпризов». Несмотря на то, что массы Земли и Венеры и их расстояния от Солнца различаются незначительно, физические условия на Венере разительно не похожи на земные: очень медленное вращение и отсутствие магнитного поля; гораздо более плотная и горячая атмосфера, состоящая из углекислого газа с малым содержанием водяного пара; большое различие рельефа. Новые сюрпризы принесли масс-спектрометрические измерения инертных газов в атмосфере Венеры, осуществленные на советских космических аппаратах «Венера-11» — «Венера-14» и американском «Пионер — Венера» (Земля и Вселенная, 1982, № 5, с. 19.— Ред.). Данные этих измерений позволяют судить о процессах, происходивших в далеком прошлом Солнечной системы, в частности, обосновать гипотезу о том, что некоторая доля газов, в том числе и инертных, вошла в атмосферы планет земной группы непосредственно из допланетного облака, тогда как остальные попали в атмосферы при дегазации твердого вещества планет (последнее было известно и раньше).

УДИВИТЕЛЬНЫЙ СОСТАВ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

Инертные газы (гелий, неон, аргон, криптон и ксенон) составляют малые добавки в твердом веществе Земли, Луны, метеоритов и в планетных атмосферах. Например, в атмосфере Земли на 1 000 000 атомов и молекул приходится примерно 5 атомов гелия, 18 неона, 9000 аргона, 1 криптона и

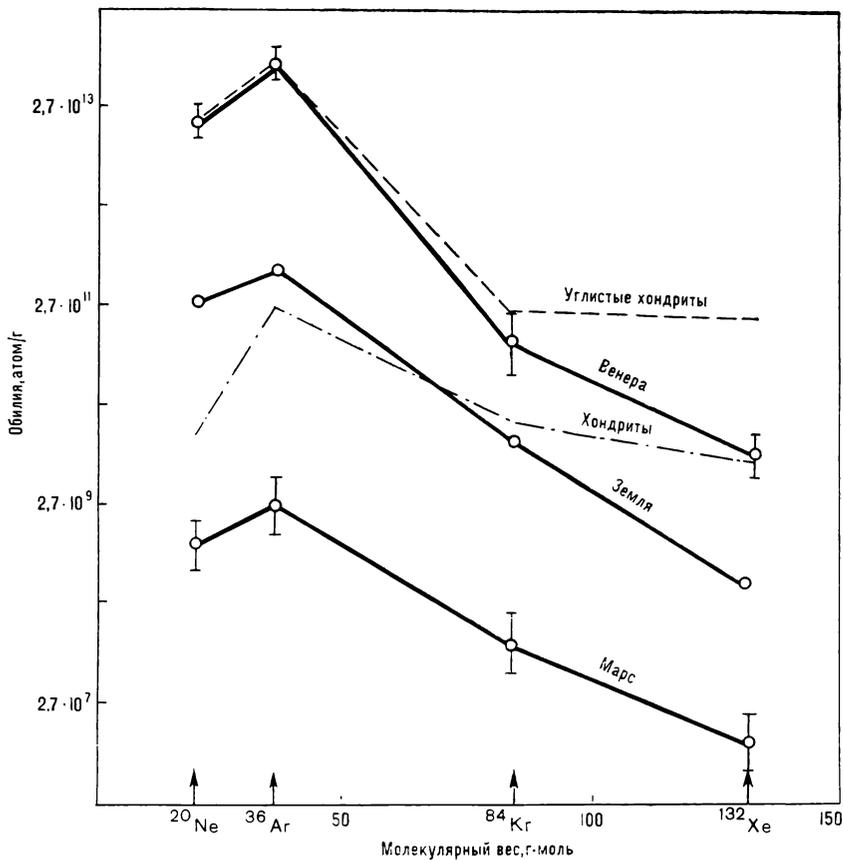
0,1 ксенона. Тем не менее в этих малых добавках заключена интереснейшая информация. Так как инертные газы практически не вступают в химические реакции и (все, кроме гелия) не «убегают» в заметных количествах из атмосфер, то их содержание определяется физическими процессами, связанными с образованием атмосфер. Но прежде чем пытаться расшифровать эти процессы, надо научиться измерять число атомов разных изотопов данного элемента. Дело в том, что разные изотопы имеют различную историю. Среди них встречаются первичные изотопы, которые неизменно присутствуют в Солнечной системе с тех пор, как образовались в процессах ядерного синтеза в недрах звезд. К таким изотопам относятся, например, неон-20, аргон-36, криптон-84 и ксенон-132. Некоторое количество атомов других изотопов (неон-21) рождается в твердом веществе под действием космических лучей; это — космогенные изотопы. Есть еще радиогенные изотопы, возникшие в твердом веществе планеты при радиоактивном распаде (например, при распаде калия-40 образуется аргон-40).

Масс-спектрометры, стоявшие на советских и американском космических аппаратах, измерили концентрации изотопов инертных газов. Результаты оказались поразительными: обилие первичных изотопов инертных газов (количество атомов данного изотопа, приходящееся на 1 г вещества планеты) в атмосфере Венеры много больше, чем в атмосфере Земли, — неона-20 в 60, аргона-36 в 120, криптона-84 примерно в 10 и

ксенона-132 в 40 раз. На Марсе обилие этих изотопов меньше земных соответственно в 280, 220, 140 и 40 раз. Еще один сюрприз: на Венере отношение концентраций радиогенного изотопа аргон-40 и первичного аргон-36 равно примерно 1, на Земле — 300, а на Марсе — 3000. Наконец, по данным «Венеры-13» и «Венеры-14», отношение концентраций первичных изотопов неон-20 и неон-22 около 12 (на Земле — 10, на Солнце — 14), а отношение концентраций изотопов неон-21 и неон-22 — меньше 0,07.

КАК ЭТО ПОЛУЧИЛОСЬ?

Сейчас общепринята гипотеза, согласно которой атмосферы Венеры, Земли и Марса образовались путем дегазации их твердого вещества. Поэтому первое, что приходит в голову при попытке объяснить высокую концентрацию инертных газов на Венере, — большая, чем на Земле и Марсе, степень дегазации твердого венерианского вещества. Но это допущение приходится отвергнуть: обилие аргона-40 в атмосфере Венеры примерно вдвое меньше, чем в земной атмосфере, между тем этот изотоп, рождающийся в твердом теле планеты при распаде калия-40, служит индикатором дегазации. Но у гипотезы дегазации есть и другие трудности. Чтобы обеспечить наблюдаемые обилие неона-20 и аргона-36 в атмосфере Венеры, вся планета должна была бы формироваться из вещества, сходного по составу с веществом углистых хондритов (класс метеоритов с высоким содержанием летучих компонентов), и это веществ-



Обилия первичных изотопов инертных газов в атмосферах планет земной группы и в метеоритах в зависимости от молекулярного веса. В атмосфере Венеры инертных газов много больше, а в атмосфере Марса много меньше, чем в атмосфере Земли. В углистых хондритах инертных газов примерно столько же, сколько в атмосфере Венеры, а в обычных хондритах — столько же, сколько в атмосфере Земли

во при дегазации обязано полностью потерять летучие составляющие. Однако планеты земной группы не могли образоваться из вещества углистых хондритов (подробнее об этом мы расскажем ниже), да и твердое вещество в природе не дегазируется полностью — несколько процентов летучих компонентов всегда присутствуют даже в расплавленной

лаве и изверженных горных породах. И еще одна трудность гипотезы дегазации: на Венере должно быть меньше летучих, а на Марсе больше (вопреки наблюдениям), поскольку вещество Венеры формировалось ближе к Солнцу при больших температурах, а вещество Марса — дальше от Солнца, при меньших, способность же твердых веществ удерживать газы на поверхности резко уменьшается с увеличением температуры.

Автор статьи предполагает, что большая часть инертных газов попала в атмосферы планет земной группы прямо из допланетного облака путем аккреции — гравитационного притяжения газа твердым телом растущей планеты. Напомним, что в допланетное облако вошло вещество той же газовой-пылевой туманности, из которой образовалось и Солнце. Поэтому в начальный период допланетное облако имело солнечный состав и масса газа в нем примерно в

100 раз превышала массу пыли. Когда зародыши будущих планет, возникшие в результате объединения твердых частиц и тел — планетезималей (Земля и Вселенная, 1982, № 3, с. 6.— Ред.), достигли примерной массы 10^{26} г, они начали эффективно притягивать газ. Расчеты показывают, что если бы допланетное облако не теряло газ, то первичные атмосферы планет земной группы оказались бы в 1000—10 000 раз массивнее современных атмосфер. Однако в атмосфере Венеры, Земли и Марса попала лишь малая часть атомов инертных газов, присутствовавших в допланетном облаке: в атмосферу Венеры вошло примерно 10^{-6} , в атмосферу Земли около 10^{-7} и в атмосферу Марса около 10^{-9} атомов криптона и ксенона, а доли атомов неона и аргона еще на несколько порядков меньше. Отсюда, по нашему мнению, следует, что допланетное облако быстро теряло газ и к тому времени, когда твердые тела планет доросли до массы 10^{26} г, газа в нем почти не осталось.

Как же происходила потеря газа из допланетного облака? Газ мог уноситься потоком солнечного ветра, который в далеком прошлом, вероятно, был во много раз интенсивнее нынешнего. Действительно, звезды типа Т Тельца, еще не достигшие стадии главной последовательности, испускают мощные потоки звездного ветра.

Допланетное облако представляло собой диск, расширяющийся в направлении от Солнца. Сильный солнечный ветер, обтекая его с двух сторон, постепенно уносил газ из пограничного слоя диска. Граница, устанавливавшаяся там, где давление солнечного ветра равнялось давлению в допланетном облаке, постепенно опускалась все ниже к центральной плоскости облака, пока весь газ его не покинул. Когда плотность в допланетном облаке уменьшилась примерно в 10^6 раз, в нем начался процесс диффузионного разделения газов, аналогичный тому, что происходит в верхних слоях планетных атмосфер. В результате в пограничном слое допланетного облака увеличилось количество легких и умень-

шилось количество тяжелых газов, поэтому солнечный ветер быстрее уносил из допланетного облака легкие газы, чем тяжелые. Спустя примерно 10^5 лет газовый состав вблизи центральной плоскости допланетного облака мог измениться таким образом, что при аккреции в атмосферы планет земной группы вошло меньше неона и аргона, чем криптона и ксенона. Так как твердое тело Венеры росло быстрее, а Марса медленнее, чем земное, то Венера набрала большую, а Марс — меньшую первичную атмосферу. Массы этих атмосфер могли составлять несколько процентов массы современных атмосфер. Сравнивая содержания инертных и химически активных компонентов в современных атмосферах планет земной группы, можно заключить, что в то время как большая часть инертных газов поступила в атмосферы из допланетного облака, химически активные компоненты попали в атмосферы в основном при дегазации твердого вещества планет.

ЧТО «ЗАПИСАНО» В МЕТЕОРИТАХ?

Теперь объясним, почему Венера и другие планеты земной группы не могли образоваться из вещества, сходного по составу с веществом углистых хондритов.

Твердое вещество сформировалось около 4,5 млрд. лет назад в результате последовательной конденсации наиболее тугоплавких, а затем все более летучих веществ в остывавшем допланетном облаке. Состав некоторых метеоритов, названных хондритами, с тех пор не подвергался значительным изменениям. Родительскими телами метеоритов являются астероиды (Земля и Вселенная, 1980, № 6, с. 5.—Ред.), следовательно, вещество метеоритов образовалось на расстоянии примерно 2—4 а. е. от Солнца.

Химический состав нелетучих компонентов в хондритах близок к солнечному составу. Обилия летучих веществ в разных типах метеоритов — от углистых до обыкновенных хондритов — уменьшаются в 100—1000 раз. Так как способность твердых веществ удерживать газы резко

растет с уменьшением температуры, а допланетное облако, охлаждаясь, постепенно теряет газ, имеется лишь узкий диапазон температур, при которых эффективно идет аккреция летучих веществ (когда температура уже достаточно низка, а давление газа еще довольно высоко). Температура аккреции равна около 360 К для углистых хондритов и от 450—550 К для обыкновенных хондритов различных групп. Заметим, что эта температура удивительно хорошо, с точностью до десятка градусов, соответствует показаниям различных «космотермометров» — обилию инертных газов, таллия, висмута, индия, изотопному составу кислорода и углерода.

Твердое вещество планет земной группы формировалось ближе к Солнцу и при больших температурах, чем метеоритное. Есть оценки, согласно которым вещество Венеры образовалось при температуре около 900 К, Земли — около 600 К, Марса — около 450 К. Отсюда следует, что в твердом веществе планет земной группы летучих компонентов гораздо меньше, чем в углистых, а может быть, и в обыкновенных хондритах. Подчеркнем, что и по другим параметрам (например, изотопному составу кислорода и других элементов) метеоритное и планетное вещество могут различаться, так как они формировались в разных местах допланетного облака.

Даже тугоплавкие вещества (температура конденсации больше 1200 К) имеют несколько различный состав в хондритах разных классов, а для веществ со средней летучестью (температура конденсации 1200—600 К) различия еще больше. Это указывает на то, что изменение состава допланетного облака началось еще на раннем этапе формирования твердых зерен метеоритного вещества.

Новый довод в пользу гипотезы, согласно которой большая часть инертных газов вошла в планетные атмосферы непосредственно из допланетного облака, содержится в изотопном составе неона в венерианской атмосфере, измеренном масс-спектрометрами «Венеры-13» и «Венеры-14». Атмосфера, образовавшаяся

при дегазации твердого вещества хондритов, будет иметь наблюдаемый изотопный состав неона лишь в том случае, если это твердое вещество специальным образом выбрать из углистых хондритов, тогда как из обыкновенных хондритов подобный состав неона вообще получить невозможно. К такому заключению можно прийти, сравнив изотопный состав неона в атмосферах Венеры и Земли с изотопным составом этого элемента в хондритах и лунном грунте.

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР — ПОСТАВЩИК ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ?

Ряд исследователей считают, что можно объяснить высокую концентрацию неона и аргона в атмосфере Венеры, оставаясь в рамках гипотезы дегазации твердого вещества. Для этого достаточно лишь допустить, что ионы неона и аргона, содержащиеся в солнечном ветре, внедрились в твердое вещество Венеры, а затем при дегазации попали в атмосферу. Автор не согласен с этой гипотезой, и вот почему.

Внедрение газа должно происходить уже после того, как мощный поток солнечного ветра выдувает газ из допланетного облака, иначе большинство ионов солнечного ветра будет перехвачено газом. Но когда в допланетном облаке не осталось газа, зародыши планет уже были крупными и их эффективная площадь оказалась небольшой, а в твердое вещество ионы солнечного ветра проникают лишь на глубину около 0,1 мкм. Другая трудность: в солнечном ветре отношение неона-20 к аргону-36 равно примерно 30, а в атмосферах Венеры и Земли всего 0,25 и 0,52 соответственно. Поэтому приходится допускать, что после внедрения газа (но еще до дегазации) твердое вещество планет земной группы потеряло почти весь неон, удержав практически полностью аргон. Даже при учете различных поглощательных характеристик неона и аргона это не представляется вероятным. Третья трудность: допускается, что в области формирования Венеры планетезимали набра-

ли из солнечного ветра много инертных газов, а в области формирования Земли — мало. Но за длительное время роста планет земной группы (около 10^8 лет) содержание инертных газов на Земле и Венере должно было бы выравняться, так как области, где образовывались планеты, обменивались планетезиμαлями.

Профессор Ч. Хаяши и его коллеги (Япония), получив, как и автор статьи, большую скорость аккреции газа на растущие планеты, заключили, что сначала у планет земной группы образовались гигантские первичные атмосферы, которые затем были сдуты сильным солнечным ветром. Думаю, что дело было не так. Сильный звездный ветер свойствен молодым нестационарным протозвездам в возрасте 10^4 — 10^5 лет. Аккреция же первичных атмосфер происходила уже после того, как твердые тела планет доросли до масс порядка 10^{28} г, а в это время Солнцу уже «исполнилось» 10^7 лет и оно стало стационарной звездой главной последовательности. Кроме того, даже мощному потоку солнечного ветра не так просто начисто сдуть гигантские первичные атмосферы.

Подобных трудностей нет у гипотезы, предполагающей, что часть газов попала в атмосферу планет земной группы из допланетного облака.

Более того, эта гипотеза дает простое и согласованное описание всех наблюдаемых фактов.

ЧТО ИЗ ЭТОГО СЛЕДУЕТ?

Казалось бы, какой прок в выяснении того, что инертные газы — малые составляющие планетных атмосфер — попали туда прямо из допланетного облака, минуя твердое вещество? Между тем на основе этой гипотезы, по мнению автора статьи, можно сделать следующие выводы о далеком прошлом Солнечной системы.

Допланетное облако на ранней стадии (еще до того, как планеты выросли до значительных размеров) потеряло практически весь газ, а состав оставшегося газа изменился из-за более быстрой потери летучих компонентов. Небольшие первичные атмосферы планет земной группы возникли еще во время роста их твердых тел и никогда не терялись (иначе в атмосфере не сохранился бы состав инертных газов, отражающий условия в допланетном облаке). Следовательно, планеты земной группы никогда не были «голыми», безатмосферными, как это допускалось в некоторых моделях. Первичные атмосферы пополнялись за счет дегазации твердого вещества планет.

Источником атмосфер не было ни вещество солнечного ветра (в нем другой состав инертных газов), ни вещество углистых хондритов или комет, пришедшее на поздних этапах формирования планет с периферии допланетного облака (такой вклад выравнивал бы обилие инертных газов на всех планетах).

Твердые тела планет земной группы образовались из вещества, сходного по структуре и обилию летучих компонентов с веществом обыкновенных хондритов. Большая часть летучих составляющих, вошедших в планеты вместе с твердым веществом, в настоящее время остается в недрах планет, причем вещество Венеры содержит меньше, а вещество Марса — больше летучих, чем вещество Земли. При расчетах моделей дегазации твердого вещества планет необходимо учитывать, что в атмосферах находятся инертные газы, поступившие непосредственно из допланетного облака.

Еще очень многое нужно сделать для решения проблемы происхождения и эволюции планетных атмосфер. Это в свою очередь поможет выяснить вероятность и механизмы будущих изменений атмосфер.

НОВЫЕ КНИГИ

РАССКАЗЫ О КАРТЕ

Истории картографии и ее месту в современной науке о Земле посвящена научно-популярная книга В. С. Кусова «Карту создают первопроходцы» (М.: Наука, 1983). Четыре главы книги — это рассказы о том, как постепенно развивалась наука картография и создавались все более совершенные изображения земной поверхности.

В первой главе приводятся любопытные сведения о некоторых русских картографических произведениях XV—XVII веков: например, о

многотомном Лицевом летописном своде, насчитывающем 16 тысяч миниатюр (многие из которых — с реками, озерами и морями — служат и своеобразными картами), и «Большом чертеже всего Московского государства», к сожалению, бесследно пропавшем. Тема второй главы — картография XVIII века (толчком к развитию которой явились петровские преобразования на Руси). Здесь описываются результаты работ Великой Северной экспедиции, давшие 63 карты берегов Северного Ледовитого океана, Камчатки, Забайкалья, а также знаменитая Карта полярных стран, составленная М. В. Ломоносовым, и «Атлас Российский» из 20 карт. Попутно автор рассказывает о методах построения карт, применявшихся вплоть до начала нашего века.

О том, как развивалась картография после Октябрьской революции, читатель узнает из третьей главы. Большую роль в эти годы сыграл подписанный В. И. Лениным декрет «Об учреждении Высшего Геодезического управления». Заключительная глава книги посвящена современной картографии, ее проблемам и достижениям.

Книга В. С. Кусова будет интересна специалистам, а также всем, кто интересуется вопросами картографии.



Член Центрального совета ВАГО
профессор
А. В. БУТКЕВИЧ

Юбилейные торжества ВАГО в Риге

8—10 февраля 1983 года в Юрмале, в Доме науки Академии наук ЛатвССР состоялась конференция, посвященная 50-летию Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО). На конференцию прибыли свыше 220 делегатов.

Открыл конференцию президент ВАГО член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже. С приветствиями к участникам обратились представители Академии наук ЛатвССР, Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР, Главной астрономической обсерватории АН СССР, Академии наук АзербССР, Астрономического института АН УзССР и др.

С докладом «ВАГО за 50 лет» выступил президент общества Ю. Д. Буланже. За полвека ВАГО прошло большой путь от разрозненных астрономических кружков и обществ до научной организации, объединяющей 8200 действительных членов, более 2000 членов юношеских секций, 225 членов-коллективов. Многие крупные астрономы и геодезисты начинали свою деятельность в ВАГО. Далее Ю. Д. Буланже рассказал о работе различных секций Центрального совета ВАГО (Земля и Вселенная, 1983, № 2, с. 37.—Ред.).

Деятельности геодезических секций отделений ВАГО в первые годы существования общества был посвящен доклад профессора А. А. Изотова. Геодезисты ВАГО участвовали в топографо-геодезических работах, связанных с созданием угольно-металлургической базы на Урале и в Кузнецком бассейне, в общей гравиметрической съемке СССР, в инженерно-геодезических изысканиях по строительству каскада гидроэлектростанций на Волге, канала Москва—Волга, в массовом выпуске школьных карт и атласов.

О роли ВАГО в организации в нашей стране исследований метеоров, переменных звезд и серебристых облаков рассказал председатель астрономической секции Центрального совета ВАГО В. А. Бронштэн. Вклад ВАГО в совершенствование



*В президиуме
юбилейной конференции ВАГО*

геодезической и маркшейдерской службы был освещен в докладе Т. С. Даниленко, Н. А. Полякова и А. А. Кондрашова.

Участники конференции заслушали сообщения о новейших достижениях геодезии и астрономии. Вице-президент ВАГО А. С. Земцев сделал доклад о состоянии и перспективах советской геодезии и картографии. В нашей стране созданы точная астрономо-геодезическая и нивелирная сети. Составлены тематические карты различного масштаба для всей территории страны и ее отдельных районов. Сейчас в геодезии и картографии широко применяются ЭВМ: на них выполняется около 90% всех вычислений. Более десяти лет в нашей стране ведется изучение сейсмической активности, организованы десятки геодинамических полигонов. В 1974 году начаты съемки шельфа. Картографы все чаще используют в своей работе снимки, сделанные из космоса.

Об успехах и перспективах астрономии рассказал член-корреспондент АН УССР Я. С. Яцкив. Он определил астрометрию как область астрономии, занимающуюся изучением геометрических и кинематических характеристик отдельных небесных тел, их комплексов и Вселенной в целом. Астрометрия призвана обеспечивать смежные науки и практические нужды необходимыми данными о вращении Земли и положениях тел Солнечной системы, а также опорными координатными системами, которые используются для целей картографии и навигации. Я. С. Яцкив отметил, что классические методы астрометрии достигли пределов точности и свои дальнейшие успехи астрометрия связывает с развитием новых методов исследований — радиолокационным, лазерным, сверхдальней радиоинтерферометрией — и особенно с запуском специального астрометрического спутника (HIPPARCOS).

С современными проблемами и средствами изучения гравитационного поля Земли познакомил участников конференции доклад профессора Л. П. Пеллинена и М. Е. Хейфе-

ца. Об исследовании планет из космоса рассказал профессор М. Я. Маров. В своем выступлении он наглядно продемонстрировал, как много нового дали космические исследования планет и их спутников по сравнению с наземными наблюдениями.

На конференции работали две секции — астрономическая и геодезическая. Тематика докладов, заслушанных на заседаниях астрономической секции, была весьма разнообразной. В. К. Абалакин познакомил собравшихся с единой релятивистской теорией движения внутренних планет Солнечной системы (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 8.—Ред.). Создатели этой теории — сотрудники Института прикладной математики, Института радиотехники и электроники, Института теоретической астрономии АН СССР — удостоены Государственной премии СССР за 1982 год. Новая теория в 100 раз точнее классической теории движения планет.

П. В. Щеглов рассказал об астрономических инструментах будущего. Среди проектирующихся инструментов 10-метровый оптический телескоп, зеркало которого будет собрано из отдельных сегментов.

Большой интерес вызвал доклад Я. С. Яцкива, К. И. Чурюмова и Н. А. Беляева о предстоящем прохождении кометы Галлея вблизи Земли и Солнца, о планах наземных наблюдений и проектах космических полетов к ядру кометы и сообщении С. П. Голенецкого об исследовании вещества Тунгусского тела и практическом применении результатов исследований (см. статью В. А. Бронштэна в этом номере).

Развитию астрономии в Латвии был посвящен доклад И. А. Даубе, Л. Ф. Розе и М. А. Дирикиса, исследованию углеродных звезд в Радиоастрофизической обсерватории АН ЛатвССР — доклад А. К. Алкниса.

О. Н. Коротцев сообщил, какие географические названия, фигурирующие на карте нашей страны, присвоены новым астероидам. Так, астероид № 762 назван Пулковая, № 232 — Россия, № 1390 — Абастумани, № 2171 — Киев, № 1284 — Латвия.

На заседании геодезической секции были заслушаны доклады П. Н. Кузнецова «Геодезическая секция Московского отделения ВАГО за 50 лет», А. И. Спиридонова «О создании и перспективах выпуска геодезических приборов», М. Т. Прилепина «Интерференционный метод определения разности долгот», А. С. Васмута «Перспективы автоматизации картографии», А. К. Плахтия «Геодезическое обеспечение жизнедеятельности городов» и др.



К юбилейной конференции ВАГО был приурочен третий пленум Центрального совета ВАГО. С отчетным докладом о работе общества в 1982 году выступил президент ВАГО Ю. Д. Буланже. Он подробно осветил работу различных секций Центрального совета ВАГО. Так, члены

В перерыве между заседаниями конференции: вверху — члены оргкомитета Ю. Л. Францман (слева) и М. А. Дирикис; внизу — В. В. Радзиевский (слева) и В. К. Абалакин



астрономической секции выполнили около 5000 наблюдений переменных звезд и искусственных спутников Земли. Геодезическая секция продолжала оказывать практическую помощь производству. Юношеская секция ВАГО была одним из инициаторов проведения V слета юных астрономов и космонавтов, который собрал 300 участников (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 73.—Ред.). Учебно-методическая секция по-прежнему уделяла основное внимание совершенствованию преподавания астрономии в средних школах, ПТУ и в педагогических институтах. Редакционно-издательская секция выпустила «Астрономический календарь на 1983 год» и Постоянную часть этого календаря, рекомендовала к печати книгу Л. Л. Сикорука «Телескопы для любителя астрономии» и книгу В. К. Луцкого «История астрономических общественных организаций в СССР». Обе книги уже вышли в свет.

В прениях по докладу президента ВАГО Ю. Д. Буланже и содокладу казначея ВАГО Н. А. Полякова выступили А. В. Артемьев, Е. П. Левитан, В. В. Радзиевский, М. М. Шемякин и др. На пленуме были вручены ежегодно присуждаемые поощрительные премии имени Е. Н. Кононенко за лучшие работы по любительской астрономии.

Пленум принял развернутую резолюцию, проект которой доложил вице-президент ВАГО Г. С. Хромов.

На последнем пленарном заседании конференции профессор В. Д. Большаков рассказал о картографировании Луны и планет, Ю. С. Тюфлин — о планетодезическом изучении планет и их спутников.

Во время юбилейной конференции была развернута выставка, посвященная истории ВАГО и работе секций Центрального совета ВАГО.

Деятельность многих активных членов ВАГО отмечена почетными грамотами и дипломами Министерства просвещения СССР, ЦК ВЛКСМ, Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР, Государственного комитета СССР по профессионально-техническому образованию, Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина.

Гостеприимные хозяева — члены Латвийского отделения ВАГО (председатель М. А. Дирикус) — сделали очень много для того, чтобы участники конференции и пленума могли плодотворно работать, а в свободное время отдыхать, знакомиться с Ригой и Юрмалой. Они также посетили Радиоастрофизическую обсерваторию АН ЛатвССР в Балдоне и Музей мелиорации в Малспилсе.



Д. А. БИЛЕНКИН

Зажги свет в доме своем

спокойно оглянувшись, тут же забыл о шалостях своего воображения.

Он любил пустыню, любил свою в ней работу и такое вот одиночество. Разумеется, пройти десять — двадцать километров под палящим солнцем, пройти работа, с тяжелейшим рюкзаком, занятие не из самых приятных и легких. Зато все остальное!..

Ты бредешь по стертым иероглифам земли, по дну иссохших морей, по лаве потухших вулканов, по толщам, которые хранят в себе отпечатки лап динозавров. Полно, да было ли это? Было, так же несомненно, как рифленый отпечаток твоих ботинок в пыли, как хруст жестких колючек под ними. И так же тогда палило солнце, так же дул ветер, и так же, как сейчас, ничей взгляд не смог бы отыскать человека. В какой же ты эре, какое миллионолетие вокруг? В руке увесистый геологический молоток, взгляд скользит по слоям пород, как по строчкам шифра, и едкий пот высыхает под ветром, и карандаш послушно царапает на бумаге: «Образец № 17. Песчаник среднезернистый, ожелезненный, с прожилками кальцита...». Пальцы привычно заворачивают образец в шуршащую крафтбумагу, все буднично и безмятежно в этой каждодневной работе.

А вокруг ширь времени и даль пространства. Нигде больше нет такого простора!

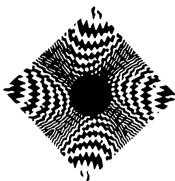
Слушай посвист ветра, иди и смотри на аспидные, пробрызганные молочным кварцем выходы метаморфических пород, на затянутую синевой даль, соображай, что и как тут было в иные эпохи, или просто радуйся, что тебе дано видеть этот

Если вы одни в пустыне и на много километров вокруг нет даже тени, а кто-то вдруг окликает вас сзади, то...

То в этом нет ничего из ряда вон выходящего.

Лавров оглянулся. Никого и ничего вокруг, само собой разумеется, не было. Над всем застыло жгучее солнце, чей свет остекленел в неподвижности, и только повисывающий ветер казался живым, более живым, чем точкой замершая среди блеклого неба птица — орел, а может быть, ястреб...

Ни души, словно и нет человечества. Но такое одиночество стоит многолюдья, ибо когда вот так долго стоишь на вершине и всматриваешься, то начинает казаться, что и на тебя кто-то смотрит, кто-то, перед кем ты как на ладони. Ничего пугающего, однако испытываешь невольный и благоговейный трепет, как будто ты одновременно мал и велик, абсолютно свободен и предопределен в своих действиях. В таком состоянии можно услышать в себе окликающий голос, целую фразу, только уже мало кто в наши дни примет это за откровение свыше. Не та психология! И Лавров,



ФАНТАСТИКА

простор, где ни пятнышка зелени, ни цветка, будто и не Земля вовсе, а неведомая планета...

В стиснутой грядями узкой ложбине ветер обессиленно стих, солнечный свет тотчас обрел давящую тяжесть, тело задохнулось в испарине, и все, что Лавров нес на себе, стало угловатым, обременительным, неудобным,—лямки рюкзака перетянули плечи, планшетка норовила съехать, а о коробке радиометра и говорить нечего: каждым своим углом она так и пыталась садануть в бок. Лавров приостановился и с надеждой взглянул в небо. Хоть бы облачко! Струйки пота щекотали тело, духота была, как в жаровне. Никакого облачка в оцинкованном небе, разумеется, не нашлось, лишь крохотный силуэт какой-то птицы темнел рядом с белопламенным густком солнца. «Чтоб тебя! — с завистью подумал Лавров.— Хоть бы солнце прикрыла, прохлаждаешься там без дела...»

На мгновение он живо представил тентом распахнутые в небесах крылья, усмехнулся нелепой фантазии и двинулся дальше.

Взмокшая одежда липла к телу, радиометр все так же норовил двинуться в бок, вдобавок спуск уже сменился крутым подъемом. Зато на склон откуда-то снизошла тень. Лавров на ходу поднял голову и едва не скатился от неожиданности. Не тучка заволокла небо — откуда бы ей взяться так быстро? В небе не было солнца!

Зияющая дыра вместо светлого диска.

Затмение?!

Ничего похожего. Граница тени

застыла на склоне метрах в десяти от него, хотя ветер дул по-прежнему. Судорожно глотнув внезапно отяжелевший воздух, Лавров ринулся к свету, который был так близок и ярк вокруг. И тут же понял, что конус тени перемещается вместе с ним, словно что-то не хочет выпустить его из-под колпака, что-то, затмившее собой солнце. «Нет! — все завопило в нем ужасом.— Нет!!!»

На мгновение сердце зашло в оглушительном толчке, перед глазами вскинулись огненные круги и точки. А когда он оборвал сумасшедший бег и зрение наконец обрело четкость, тени не оказалось нигде, в небе снова палило солнце, и в пустоте зенита все так же лениво кружил орел, или другая какая птица.

«Ах, орлуша, орлуша, какая же ты стерва!» — дико подумал Лавров.

Да, но что же все-таки произошло?

Спеша вверх по склону и лихорадочно озираясь, Лавров думал о случившемся со смешанным чувством стыда, оторопи и изумления, что именно ему довелось пережить это. Чудо, иначе и не назовешь, а теперь, когда все благополучно закончилось,—бесценнейший подарок судьбы, ибо многим ли такое выпадает на долю?!

Тяжело дыша, он вскарабкался на гребень. Привычно голубела всхолмленная даль, вершины на горизонте казались подрезанными у основания лазуревой пеленой и высились, как туманные фантастические грибы. Ближе пестрел фиолетовый камень лав, бурую поросль склонов прорезали рябые осыпи, над всем расстилалось безоглядное небо.

Поспешным движением Лавров включил радиометр — и потому, что это все равно надо было сделать в очередной точке, и потому, что в затруднительных случаях современного человека тянет довериться прибору, который все покажет точно, без обмана и в цифрах, даже когда сами эти цифры ровным счетом ничего прояснить не могут. Радиометр сухо защелкал. Пустое! Радиация чуть выше фона, как и должно быть на поверхности темноцветных лав; если неведомое и оставило в окружающем след, то никак не радио-

активный. Успокаиваясь и досадуя неизвестно на что, Лавров спустился к тому месту, где его накрыла тень, снова поднялся на вершину и подрагивающей рукой педантично записал показания прибора. Вот и все! Поставлена точка, возбуждение наконец схлынуло и улеглось; рутинна, как бы ее ни проклинали,—лучшее лекарство против всех несообразностей, тихое дно свирепо бушующего океана, верный приют всех испуганных душ.

Машинальный взгляд на часы, этот главный механизм порядка, кстати напомнил Лаврову, что до места, куда за ним к вечеру придет машина, еще более десяти километров и каждый, судя по рельефу местности, потребует основательной проработки, так что задерживаться не стоит. А все недавнее? Обернувшись, Лавров хмыкнул, словно человек, переживший диковинный сон наяву, который бередил память и как раз поэтому требовал легкомысленной усмешки. Иначе что? Кружить на месте, гадать и взывать к небесам? Психика подобна камышу, она всегда распрямляется в обратную сторону.

Лавров с треском захлопнул крышку радиометра и побрел, не глядя по сторонам.

Но хотя он и делал теперь все, что положено,—перемещался от обнажения к обнажению, механически брал образцы, измерял и записывал,—его не покидало чувство утраты. Откуда оно взялось, разве в той ситуации от него что-то зависело?

Да, и он это знал, знал подсознательно, как бы глубоко инстинкт самосохранения ни прятал эту истину. Подозрение, что он каким-то образом мог повлиять на ход событий и не повлиять, захватило запоздалым раскаянием, которое знакомо всякому, кого осторожность удержала от исключительного, хотя, быть может, и опасного поступка. Не будь этого охранного механизма, наша жизнь была бы совсем иной, лучшей ли, худшей — кто знает? — но совершенно иной. Ведь бесконечность окружает каждого, бесконечность времени, пространства, устройства материи, а значит, и бесконечность



ФАНТАСТИКА

возможностей, случаев, дел. Однако окна и двери запираются не только в домах, а тоску о несбывшемся, коль она посетит, заглушить нетрудно, для этого придумано множество верных средств отвлечения.

Но в тот час у Лаврова не было ничего, кроме дела, которое само по себе требовало размышлений о том, что произошло, исчезло и все же присутствует в молчании этих гор, столь древних, что любое воображение бледнеет перед реальностью событий, происходивших здесь в долгих миллионелетиях земной истории. О скольких мы и понятия не имеем? Покидая очередное обнажение, Лавров в который раз оглядел пустое небо. Даже птица исчезла.

Отсюда ему предстоял томительный переход через долину, где не было ничего, кроме колючек под башмаками, назойливой пыли и рытвин, переход, где усталость наваливается на человека тоской и одурь жары превращает его в мерно шагающий механизм.

Шаг, шаг, пыль, пыль, монотонный, кажущийся бесконечным путь, тупое движение муравья, который должен ползти и ползти без страсти и размышлений. Одна и та же фантазия нередко посещала Лаврова в эти тусклые минуты: он вольно взмывает в небо, парит, как на крыльях, лихо проносится над постылой землей, и ветер блаженной прохладой омывает победно невесомое тело. Желание взлететь безотчетно и страстно воззвало к нему. Так жаждущий видит туманную воду миража...

И тут же, как это уже было однажды, в сознании прозвучал неотчетливый вскрик. Лавров стремительно

обернулся. Сознание успело отметить рванувшуюся из-за горизонта точку, успело отметить всякое ее сходство с птицей, успело... Но, что оно успело еще, из памяти вычеркнуло грянувшее потрясение.

Прочерк был столь глубокий и черен, что когда действительность наконец воссоздалась, это произошло не сразу, а обрывками, смятенно, будто что-то в самом Лаврове не желало воспринять реальность в ее полном объеме и смысле.

Намертво вцепившиеся в радиометр, белые, как мел, руки...

Гул крови в ушах, незаметно сменяющийся привычным посвистом ветра.

Облако пыли в долине, которую он, Лавров, пересекал, пока... Пока что?

Полусогнутая, неудобно упершаяся в шероховатую глыбу нога. Пустое остекленелое небо. Отброшенный в сторону молоток. Тень...

Тень! И то, что ее отбрасывало, близкое, мучительно чуждое зрению, как трактор для питекантропа, и все же явно посюстороннее, технически могучее, а значит, отчасти уже понятное. Огромное, химерическое, даже формой своей ни на что не похожее и потому чудовищное, оно не двигалось, не шевелилось, и все же в нем не было мертвенности, казалось, оно ожидало... Долго, невозмутимо, бестрепетно. Любопытный человек почувствовал бы себя перед ним светливой букашкой.

— Что ж, давай...— приподнимаясь, выговорил Лавров, и логика собственных слов его нисколько не поразила, словно все уже стало на свои места и можно было действовать по предписанной программе. Страха он тем более не испытывал, как, впрочем, и никакого другого чувства, что, верно, было следствием шока.

— Давай,— повторил он с откуда-то взявшейся иронией.— Ну, что у вас там положено по программе контакта? Наделить меня высшей мудростью или препарировать для озонакомления? Что именно?

Он был почти уверен в отклике, и ответ действительно беззвучно проник в сознание.

— Повиновение, исполнение, осуществление.

— Что? — Лавров рывком вскочил на ноги.— Повиновение?

— Жду приказаний вашего разума. — Моего ра...

Судорожный смех сдавил горло Лаврова. Как же это? Не может быть!... Все перевернулось в его представлениях, он вдруг почувствовал себя ребенком, невесть где, как и когда выпустившим на волю волшебного джинна. Могучее, неведомое, межзвездное и... Нет! Сказки сбываются, но не такие же!

И между тем...

И между тем он, Лавров, ничего не подозревая, возжаждал тени, и она возникла. Пожелал перенестись по воздуху, и это тоже было исполнено.

Мир зиждется не на китах, он покоится на парадоксах.

— Поговорим,— устало сказал Лавров.— Свою историю, пожалуйста, от начала и до конца. Кто вы, откуда взялись, с какой звезды, как и зачем.

Он сел, невидяще глядя в даль, которая отныне была уже не только земной, человеческой. Так он слушал мерно звучащий в сознании голос, все более удивляясь тому, сколь неувидительно то, что он слышит, ибо когда что-то, пусть самое сказочное, романтическое и чудесное, осуществляется, это всегда происходит весьма прозаически. Иного завершения нет! Пусть наша земная цивилизация лишь подумывает об освоении ближних планет, а другая, безмерно могучая, уже распространилась в Галактике; обе вынуждены считаться с закономерностями прогресса и велениями экономики. Пусть освоением заняты не двурукие, а сторукие существа; без мощных, послушных машин им не обойтись. Пусть в одном случае разум вынужден довольствоваться примитивными роботами, тогда как сверхразум пользуется сверхроботами; те и другие со временем морально устаревают, причем быстрее всего устаревают как раз самые сложные устройства, вобравшие в себя все новейшие достижения науки. Что же делает земная цивилизация с

теми космическими аппаратами, которые отслужили свой срок? Она их бросает на произвол судьбы, иное решение либо невозможно, либо невыгодно. И вообще, чем дальше, тем все больше обесцениваются вещи, тем короче срок пользования ими, тем легче мы с ними расстаемся, будь то часы, телевизор или космический спутник. Однако слова «невозможно, невыгодно, устарело» знакомы любой цивилизации, каких бы высот она ни достигла, оттого всегда что-то будет выбрасываться за ненадобностью, как это происходит при ликвидации лагеря где-нибудь в Антарктиде.

А если это не просто машины и автоматы, чей срок службы недолог? Если это сверхкиберы? Брошенные по тем или иным причинам, предоставленные самим себе, самоподдерживающиеся, вечные по земным меркам и способные странствовать? Что происходит с ними, если весь смысл заложенного в них бытия сводится к выполнению команд, а более нет ни приказов, ни деятельности, ни хозяев?

Собаки, с горечью подумал Лавров. Сказочно могучие, сказочно много умеющие, заброшенные собаки! Дождались... Не пришелец со звезд перед ним, не посланец с великой миссией — отслуживший свое инструмент, техногенный отброс исполинской цивилизации, бесприютный кибер, одинокий пес, повсюду ищущий хозяина, любого хозяина, ибо только хозяин способен ему вернуть утраченный смысл существования.

Воистину: хочешь проникнуть в неведомое — ищи парадокс!

— Случайно ли вы натолкнулись на Землю? — глухо спросил Лавров.

— Нет. Признаки вашей деятельности заметны издали.

Да, конечно! — наши радиопередачи, должно быть, заполнили собой пространство до Веги и Фомальгута. Лишь стоит зажечь свет в доме своем...

Вот и дожили...

Тревожным шорохом в сознание проникли слова:

— Вы дважды отказали мне, не отвергайте в третий...

— Дважды? Когда же был первый раз?

— Когда я попытался дать знать о себе.

Ну, конечно, тот давний голос на вершине холма! Первый отклик на смутное и неизбывное, чисто человеческое пожелание необычного. Может быть, это и есть пеленг всякого разума?

— Не отвергайте.

Лавров опустил голову. Ветер ли свистит в ушах, или это вихрь самой истории? Отвергнуть? Принять? Тому разуму должно быть известно, что значит внезапно вмешаться в чужие дела, явиться в блеске всезвездного могущества, какой шок это вызовет, им, верно, выработано и такое понятие, как «охрана самобытности и естественного порядка развития всякой цивилизации». Но кого волнует судьба отброшенного инструмента, да и знают ли прежние хозяева этого кибера о существовании Земли? А в результате является джинн, которому надо сказать «да» или «нет».

Все счастье разума в этом — в возможности выбирать свое будущее; и в этом же его несчастье.

Но почему же я, почему именно я?

Боль в пальцах заставила Лаврова разжать кулак. С удивлением и испугом он уставился на ладонь, где лежали два камешка, белый и чер-

ный. Да когда же рука захватила их, чтобы сыграть в чет-нечет?!

Возможно, давно. Трудно ли оценить главные последствия любого выбора и, содрогнувшись, положить на волю случая? Выпадет «чет» — и никакого потрясения жизни, только он, Лавров, будет знать, чего лишилась Земля и чего она избежала. «Нечет» — и джинн обретет новых хозяев, и рванется прогресс, и все нальется свинцом перегрузок, и кто знает, к чему это приведет...

Палаящее солнце показалось Лаврову негреющим. Он с гневом отшвырнул камешки, и они запрыгали по лаве, которая застыла здесь, когда человека не было еще и в проекте. Все менялось, меняется, всегда будет меняться, и нечего обманывать себя, нечего надеяться, что кто-то другой решит более мудро. Решение было, оно, худо или хорошо, было однозначным, потому что человечество еще никогда не отказывалось ни от чего нового. Ни разу за свою историю, никогда!

И, кроме того, отвергать просящего и бездомного — это не полюдски.

— Давай, — тихо сказал Лавров. — Будь с нами.

Тень над ним взволнованно всколыхнулась.

— А другие? — радостно протрубил голос. — Другие, они близко и ждут, вы примете их?

НОВЫЕ КНИГИ

ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО С ФИЗИКОЙ

Любознательным детям, которые пока еще даже не ходят в школу, адресована книга Л. Л. Сикорука «Физика для малышей» (М.: Педагогика, 2-е изд., 1983). Л. Л. Сикорук по профессии кинооператор, создавший серию передач на новосибирском телевидении. Он же — автор статей, кинофильмов и, наконец, книги («Телескопы для любителей астрономии». М.: Наука, 1982), в которых обобщен опыт самостоятельного телескопостроения. Главную цель своей книги для малышей автор видит в том, чтобы показать детям познаваемость окружающего их мира.

Каждая из глав книги («Звук», «Свет», «Теплота», «Жидкости и газы», «Пространство и движение», «Инерция и реактивное движение», «Электричество и магнетизм») расчленена на несколько параграфов — рассказов, вводящих малышей в круг тех или иных явлений. Причем это не пассивное знакомство с физикой, поскольку дети должны не просто знакомиться с содержанием рассказов, но и проводить рекомендуемые автором опыты и наблюдения. Конечно, лучше всего, если этой познавательной деятельностью детей будут умело руководить их родители.

Книга прекрасно оформлена (художник А. Головаченко, лабораторная и репродукционная фотосъемка В. Мосякина). Первое издание книги было отмечено Бронзовой медалью ВДНХ СССР.

Кандидат физико-математических наук

А. Н. СИМОНЕНКО

Р. Л. ХОТИНОК

Метеоры и комета Галлея

(советы наблюдателям метеоров)

Центральный Совет Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) приглашает любителей астрономии принять участие в шестилетнем (1983—1989 гг.) цикле наблюдений Майских Акварид и Орионид, связанных с кометой Галлея. Основная цель наблюдений — изучение структуры роя, рожденного кометой Галлея. Двенадцать раз погрузится Земля в рой за это время и двенадцать раз будут получены сведения для разных частей роя.

Наблюдения метеоров — это одна из немногих областей астрономии, где любители все еще могут оказать серьезную помощь науке, если даже во время наблюдений не будут пользоваться никакими инструментами. Любительские наблюдения Майских Акварид и Орионид включены в программу Международной службы кометы Галлея, и, учитывая их важность, ВАГО разработало в помощь наблюдателям инструкцию, о которой рассказывают авторы публикуемой ниже статьи. Инструкция предусматривает визуальные наблюдения, доступные всем, кто любит звездное небо и обладает достаточным терпением. Наблюдать можно группами или в одиночку. Наблюдатели, работая по одной программе, образуют единую наблюдательную сеть. Результаты наблюдений потом будут сопоставлены, и это позволит дать объективную характеристику состояния метеорного роя.

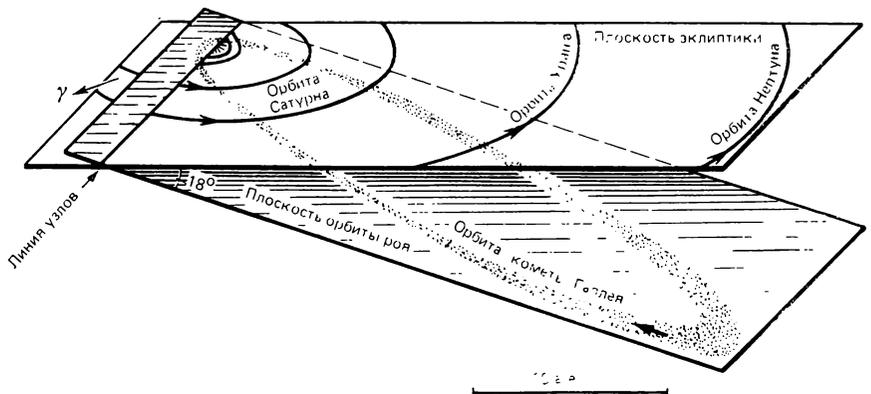
СВЯЗЬ МЕЖДУ КОМЕТОЙ, РОЕМ И ПОТОКАМИ МЕТЕОРОВ

Известно, что глыбы грязного льда, составляющие кометные ядра, не могут долго существовать во внутренних областях Солнечной системы. Солнечное тепло губительно для них, и они разрушаются, выделяя газы и пыль. Крупные пылевые частицы, едва увлекаемые с поверхности кометного ядра потоками газов, надолго остаются вблизи ядра, потому что световому давлению вымести их в хвост, а потом и из Солнечной системы — не под силу. По отношению к ядру и друг к другу частицы обладают небольшими скоростями, много меньшими, чем орбитальные скорости их движения в Солнечной системе. Поэтому они продолжают двигаться примерно вдоль одной и той же орбиты, но постепенно «разбегаются» по всей ее длине, образуя замкнутый метеорный рой.

Комета Галлея, к тридцатому появлению которой готовятся астрономы, не исключение. С каждым возвращением к Солнцу разрушаясь все

больше и больше, она также породила метеорный рой. С ним Земля встречается дважды в год — весной и осенью. Сейчас комета Галлея находится далеко за орбитой Юпитера, а выделившиеся когда-то из ее ядра частицы мчатся мимо земной орбиты, и так же будут мчаться они после того, как комета пройдет перигелий в 1986 году. Сама комета еще едва доступна наблюдениям, а мельчайшие частицы ее вещества в мае и октябре, проникая в земную атмосферу, вспыхивают длинными белыми, очень быстрыми метеорами. В это время частицы находятся от нас на расстоянии всего в десятки или сотни километров. Фотографические наблюдения метеоров позволяют изучать физические свойства частиц, а спектральные наблюдения —

Положение орбиты кометы Галлея в Солнечной системе. Вдоль всей орбиты движется метеорный рой, рожденный этой кометой



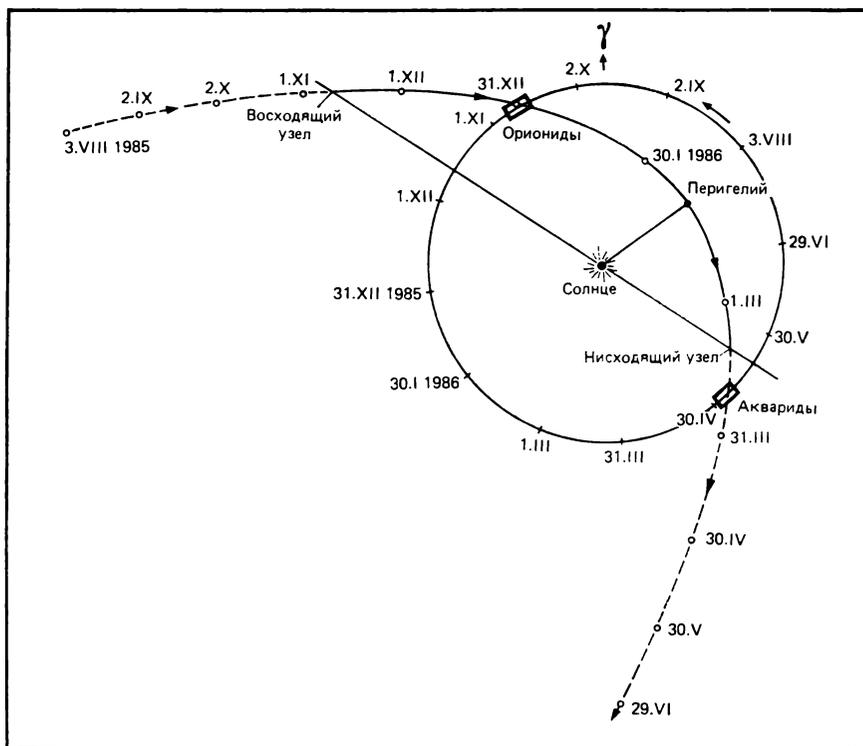


ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

определять химический состав. Это, в свою очередь, дает ключ к исследованию условий на поверхности кометного ядра, где сформировались частицы.

Метеорные тела роя, проникшие в земную атмосферу, движутся почти параллельно друг другу (из-за сходства своих орбит), образуя **метеорный поток**. Метеоры кажутся вылетающими из одной точки — **радианта**, расположенного в мае в созвездии Водолея, а в октябре — в созвездии Ориона, что и дало потокам названия Майских Акварид и Орионид. Рой сильно «растрепан» планетными возмущениями и потому довольно «толстый». Благодаря этому и удается наблюдать оба потока, хотя Земля проходит далеко от самой кометной орбиты — оси роя. Майские Аквариды наблюдаются с 30 апреля до 11 мая. Созвездие Водолея, где находится радиант, поднимается из-за горизонта незадолго до рассвета, так что метеоры Майских Акварид вспыхивают лишь на предутреннем небе. За час можно увидеть около десятка метеоров потока, редко — больше, но их полет настолько впечатляющий, что запоминается надолго и вряд ли кого-нибудь оставит равнодушным. К сожалению, наблюдать их удается лишь в южных районах нашей страны. В северных радиант едва поднимается над горизонтом и часовые числа метеоров близки к нулю.

Ориониды наблюдаются с 15 по 26 октября. Земля в это время пересекает еще более удаленную от кометной орбиты (оси роя) и потому более разреженную область метеорного роя, нежели в мае. Но радиант Орионид поднимается ночью высоко



Перигелийный участок орбиты кометы Галлея. Показаны положения кометы и Земли с 3 августа 1985 года по 29 июня 1986 года, а также моменты встречи Земли с метеорным роем, во время которых наблюдаются Майские Аквариды и Ориониды

над горизонтом, и метеоры этого потока кажутся обильнее, чем Майские Аквариды. Порожденные той же кометой, Ориониды очень похожи на Майские Аквариды.

ЦЕЛЬ НАБЛЮДЕНИЙ

Несмотря на то, что оба потока известны более тысячи лет, а в XX веке специально наблюдались разными астрономами, рой, порожденный кометой Галлея, изучен плохо. Исследования активности Майских Акварид и Орионид в годы, предшествующие появлению кометы, а также в последующие годы позволяют определить структуру роя, пространственную

плотность метеорных тел в нем, изменение этой плотности со временем и расстоянием до оси роя (где плотность должна быть выше). Можно надеяться, что удастся выявить неоднородности в распределении метеорных тел в рое, например, «облака» с повышенной концентрацией частиц, нитевидные струи, уже известные в других метеорных роях.

Два процесса определяют структурные особенности роя. Один из них — периодически повторяющееся пополнение роя, которое происходит лишь на перигелийном участке орбиты, где кометное ядро быстро разрушается. Другой процесс — постоянное воздействие планетных возмущений. Зная современную структуру роя, можно судить о том, как протекали эти процессы в прошлом.

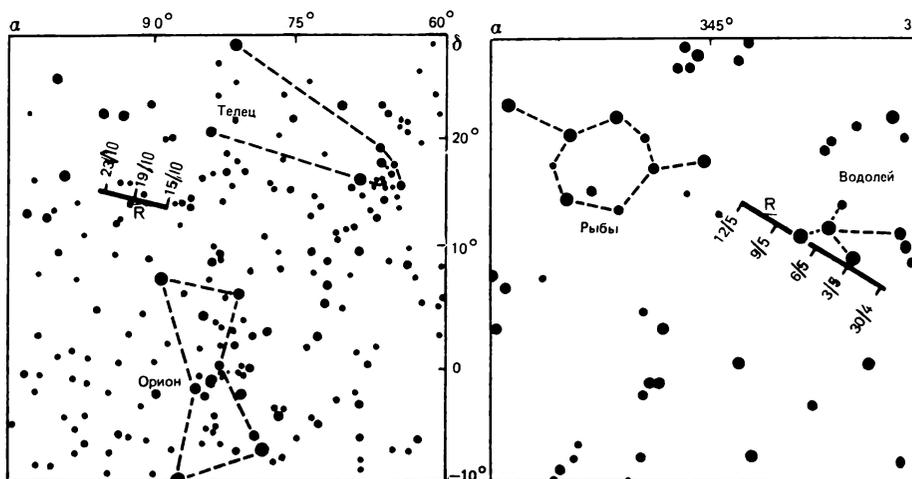
КАК ПРОВОДИТЬ НАБЛЮДЕНИЯ?

Инструкции для наблюдений метеоров публиковались неоднократно: в книге «Метеорные явления в атмосфере Земли» И. С. Астаповича (М.: Наука, 1958), в «Справочнике любии-

теля астрономии» П. Г. Куликовского (М.: Наука, 1971), в брошюре «Наблюдения метеоров» И. Т. Зоткина (М.: Наука, 1972), в Постоянной части «Астрономического календаря» (М.: Наука, 1981), в брошюре «Задачи и методы любительских наблюдений метеоров» В. В. Мартыненко (М.: Наука, 1967). Познакомившись с этими инструкциями, каждый может выбрать для себя посильную задачу. Одна из программ, называемая программой-максимум, предусматривает нанесение метеоров на звездную карту и запись многих параметров — блеска, угловой длины, угловой скорости, положения максимума блеска, цвета, очерченности и т. д. Но работа по этой программе доступна только опытным исследователям метеоров. Кроме того, такие всесторонние наблюдения необходимы, как правило, лишь в определенных случаях. Наша программа наблюдений Майских Акварид и Орионид требует всего-навсего умения отнести метеор к потоку и оценить его максимальный блеск.

Приступая к наблюдениям Майских Акварид или Орионид, прежде всего необходимо ознакомиться с положением радианта среди звезд, иначе мы не сможем определить, относится ли пролетевший метеор к потоку или является спорадическим. Для этого мысленно продолжают назад траекторию метеора среди звезд на небе, проверяя, проходит ли она через радиант. Обратим внимание на то, что из-за перемещения Земли по орбите изменяются геометрические условия встречи с метеорными телами, и радиант вследствие этого **медленно смещается среди звезд**. Каждую ночь он занимает новое положение. Отнести метеоры к потоку помогает то, что все члены одного и того же потока обладают как бы «фамильным сходством». Они похожи друг на друга цветом, очерченностью, положением максимума блеска, наличием следов, вспышек. Но «видеть» все эти особенности может лишь тренированный глаз. Опытный наблюдатель без труда «узнает» Майские Аквариды или Ориониды, даже повернувшись спиной к радианту.

Для того, чтобы результаты разных



Положение радиантов Орионид (слева) и Майских Акварид (справа) среди звезд в периоды действия потоков

наблюдателей можно было сравнивать между собой, они должны быть однотипными. Это требует соблюдения определенных условий, нарушение которых приведет к тому, что полученные результаты при обработке окажутся несопоставимы с остальными и их придется отбросить, как бы хороши они ни были. Эти условия сводятся к следующему.

1. Наблюдения ведутся каждым наблюдателем независимо.
2. Наблюдения начинаются в 00 мин любого часа и длятся 50 мин.
3. Перерывы между наблюдениями — 10 мин.
4. Наблюдатель располагается лицом к югу, лежа или в слегка наклонном положении, наиболее удобном при длительных наблюдениях.
5. Центр поля зрения выбирается в зените или на высоте 60° над горизонтом над точкой юга. Если наблюдения ведутся группой, то целесообразно разделить на две подгруппы, из которых одна наблюдает в зените, а другая к югу от него.
6. Поле зрения ничем не должно быть ограничено.
7. Перед началом наблюдений записываются:

- а) дата наблюдений, учитывая переход через полночь;

- б) фамилия наблюдателя, его имя и отчество, возраст, профессия;
- в) тренированность наблюдателя (примерное число метеоров, зарегистрированных ранее);
- г) место наблюдений (населенный пункт, широта и долгота), отличие времени от московского ΔT ;
- д) момент начала и конца, а также длительность каждого интервала наблюдения с точностью до минуты.

8. Перед началом каждого интервала наблюдений отмечается также предельная величина звезд, видимых вблизи центра поля зрения, наличие Луны на небе, облаков, тумана, мешающих наблюдениям огней и т. п.

9. Записи ведутся «вслепую». Фонарик или другую подсветку применять не надо. Можно воспользоваться услугами секретаря, если он имеется. В противном случае записи нужно делать на листе бумаги, заранее свернутом в трубку. По мере заполнения строчек бумага разворачивается так, что строчки не наполняют друг на друга.

Для каждого метеора отмечается:

- а) звездная величина в максимуме блеска;
- б) принадлежность метеора к потоку буквой П.

Например, результат записи вслепую выглядит так:

21/22 окт. 83 г. 23 ч 00 мин — 23 ч 50 мин | +3П | +1П | 0 | +1П и т. д.

Во время наблюдений взгляд может свободно скользить по небу, но

не рекомендуется задерживать его, рассматривая отдельные звезды, так как при этом поле зрения резко сужается. К тому же эффекту приводит разговор, музыка и другие внешние раздражители. По этой же причине «слепой» метод записи оказывается наиболее эффективным.

Результаты наблюдений по единой для всех наблюдателей форме (она указана ниже) следует присылать по адресу: **103001, Москва К-1, Садовая Кудринская ул., д. 24, ЦС ВАГО, Метеорный отдел.** По мере поступления результаты наблюдений будут подвергаться предварительной централизованной обработке, а затем храниться, чтобы по окончании всего цикла наблюдений дать ценнейшую информацию о структуре роя, порожденного кометой Галлея.

Пример оформления результатов наблюдений:

3/4 мая 1983 г. Антонов Кирилл Сергеевич, 19 лет, студент 1 курса, наблюдал более 100 метеоров.

Фрунзе, $\lambda=75^\circ$, $\varphi=43^\circ$, $\Delta T=3$ ч, зенит.

Ясно, Луны нет, пред. вел. звезд 4,5^m.

2 ч 00 мин — 2 ч 50 мин

ными согласованными усилиями многих участников.

Цикл наблюдений начался в мае 1983 года. Члены Московского отделения ВАГО выезжали в Туркмению

Зв. вел.	-1 ярче	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	Всего
Майские Аквариды	4	2	1	4	6	3	1	0	21
Спорадические	1	1	2	3	5	2	0	1	15

Участие в предлагаемой программе вовсе не исключает возможности проведения более сложных наблюдений, самостоятельной обработки и публикации результатов. Однако задача, которую ставит перед наблюдателями Центральный совет ВАГО, не может быть решена иначе, как еди-

и в окрестностях Ашхабада наблюдали поток Майских Акварид. В этом мероприятии участвовали как любители, так и специалисты, которые взяли на себя более сложную задачу. Вместе с ними проводили наблюдения сотрудники Физико-технического института АН ТуркмССР.

НЕОБЫЧНЫЙ МАКСИМУМ ПЕРСЕИД

С 1980 года отмечается высокая активность метеорного потока Персеид (Земля и Вселенная, 1982, № 4, с. 73.— *Ред.*). В 1982 году этот поток наблюдали любители астрономии и специалисты разных стран мира. Особый интерес к Персеидам объясняется тем, что, согласно расчетам в 1982 году должна была пройти перигелий родоначальница потока — комета 1862 III (Свифта — Тутля), период обращения которой до сих пор точно не известен. Исследователем метеоров волновал вопрос: какой же будет активность потока в этот период?

В СССР по инициативе Крымской метеорной станции имени Г. О. Зайтшикова и областной юношеской астрономической обсерватории Крымской станции юных техников была организованна долготная сеть для изучения метеорного потока Персеид. В поле зрения этой сети Персеиды



ды находились каждую ночь на протяжении почти 16 часов. Первыми их встречали астрономы-любители из поселка Дальнегорск Приморского края (руководитель Н. В. Князюк), затем метеорную эстафету принимали экспедиционные пункты Крымского отделения ВАГО, организованные на Каменском Плато (близ Алма-Аты), на высоте 1420 м (руководители А. С. Левина, О. П. Батылова, А. Х. Маматказина), и на горе Санглок (Вахшский хребет, Таджикская ССР), на высоте 2303 м (руководители Г. В. Акман, Н. В.

Федорова, В. Н. Якутович). В Крыму Персеиды наблюдали в Судаке на метеорной станции и в горной части полуострова близ села Ворон на высоте 400 м (руководители В. В. Мартыненко, А. И. Грищенко, С. Я. Жительзейф). Участвовали в наблюдениях любители астрономии Златоуста (руководители В. В. Китаев, В. Е. Андреев), Новотроицкой юношеской астрономической обсерватории (руководитель А. С. Майдик), Горьковского отделения ВАГО (руководитель А. П. Порошин). Крымская метеорная станция получила данные более чем от 75 наблюдателей. За 542 часа чистого времени (почти 18 ночей) они зарегистрировали 13 280 метеоров, из них 8553 принадлежали потоку Персеид.

Как известно, активность метеорных потоков характеризуется числом метеоров в час — часовым числом. Мы пользовались часовыми числами, средними для нескольких наблюдателей в группе (радиант в зените). Такие числа меньше зависят

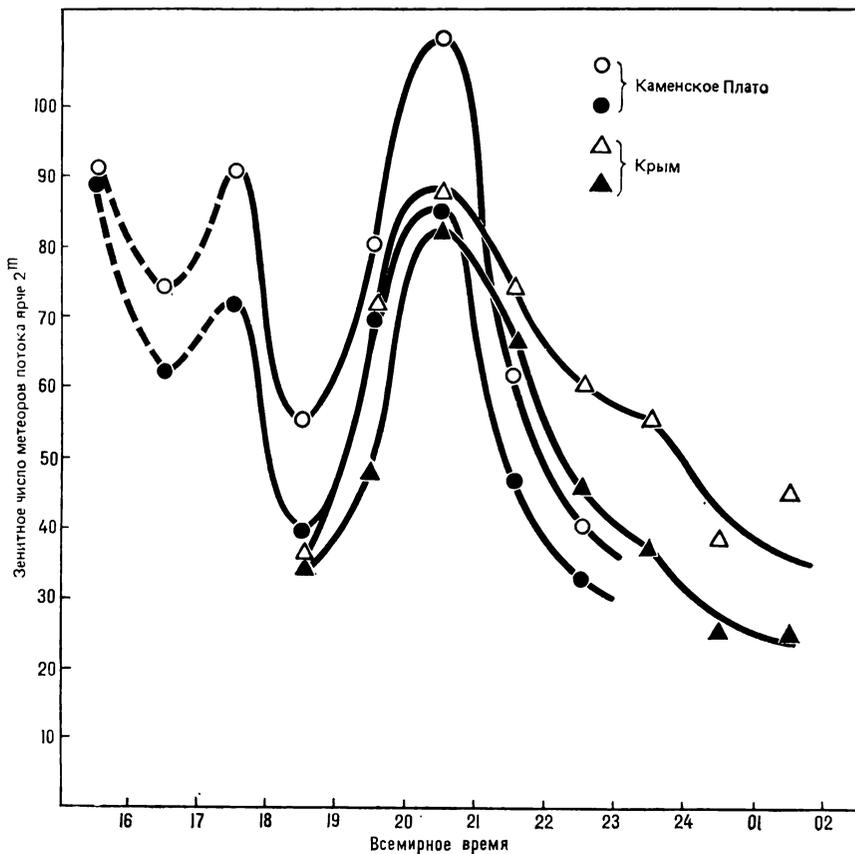


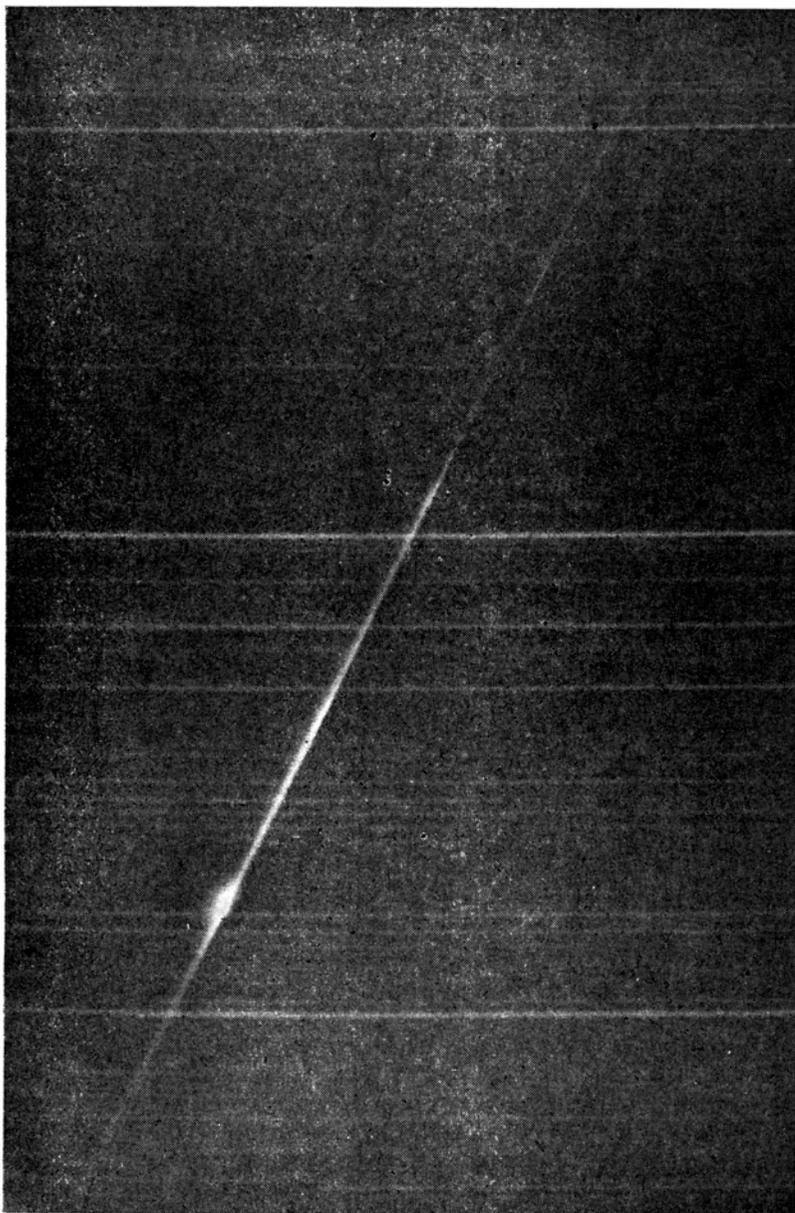
Группа счета метеоров на Каменском Плато. Все сведения о метеорах наблюдатели передают секретарю-хронометристу
 Фото В. Барбанакова

от психофизиологических особенностей отдельных наблюдателей.

В ночь с 12 на 13 августа, на три часа раньше, чем в Крыму, метеоры потока зарегистрировали наблюдатели на Каменском Плато. Еще на сумеречном небе (в 15—17 часов, здесь и далее время Всемирное) стали появляться длинные яркие персеиды. Часовое число потока оказалось необычно большим — около 100.

Изменение активности метеорного потока Персеид в ночь с 12 на 13 августа 1982 года. График построен по данным, полученным двумя группами наблюдателей на Каменском Плато и в Крыму, для метеоров 2^м и ярче





*Метеор из потока Персеид.
Снимок получен 12 августа
1982 года Г. В. Акманом на горе
Санглок (Таджикская ССР)*

Но в 17—18 часов оно уменьшилось до 51, в 18—19 часов — до 43, а в 20—21 час — неожиданно возросло до 60, затем резко до 78. После этого началось быстрое падение активно-

сти потока. Между 22 и 23 часами, когда на долготе Алма-Аты наступило утро, часовое число Персеид снизилось до 38. Подобный характер активности отметили и крымские наблюдатели. Согласно их данным, максимальное число метеоров потока достигало 118 в час. Соответствуют этим наблюдениям и результаты, полученные в Новотроицке: максимальное число персеид в час равнялось 153 (для группы из четырех

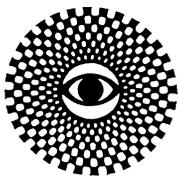
наблюдателей; естественно, что это значение выше индивидуальных чисел).

Создается впечатление, что Земля, пересекая рой Персеид, встречала крупные сгущения частиц. Интересно, что если в течение ночи яркие персеиды (звездная величина от -2^m до -4^m) вспыхивали более или менее равномерно, то менее яркие (от 0 до -1^m) наблюдались либо редко, либо группировались в «пачки», то есть шли один за другим. Наблюдатели отмечали большое число персеид-близнецов. Часто наступали многоминутные затишья, когда на небе не было замечено ни одного метеора из потока. Много ярких персеид зарегистрировали наблюдатели в поселке Дальнегорск в ночь с 13 на 14 августа. Вечером 13 августа большую активность потока отметила группа на горе Санглок.

Порадовали наблюдателей и яркие болиды. 12 августа в Крыму А. И. Грищенко на фоне вечернего неба (17 часов 01 минута) увидел персеид -7^m , а спустя примерно 2 часа (19 часов 25 минут) Крымские горы осветились вспышкой болида до -10^m . Болид пролетел по небу 50° и, взорвавшись на высоте 10° , оставил после себя яркий след -2^m , который на глазах изумленных наблюдателей таял более 10 секунд. На этом небесный фейерверк не окончился: утром А. А. Козлов снова отметил персеид -7^m . Если учесть, что зенитные расстояния этих болидов составляли 45° , 80° и 75° , то блеск их в зените был бы гораздо больше ($-7,5$, -12 и -9^m соответственно). Такие яркие болиды не характерны для потока Персеид.

Итак, в 1982 году активность Персеид продолжала оставаться высокой, по крайней мере вдвое превышая их обычную активность — около 60 метеоров в час. И, самое интересное, были замечены флуктуации в активности этого потока.

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



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

Кандидат физико-математических
наук
В. А. БРОНШТЭН

Лауреаты поощрительных премий ВАГО 1982 года

III Пленум Центрального совета ВАГО седьмого созыва, состоявшийся в Лиелупе (под Ригой) 10 февраля 1983 года, присудил очередные поощрительные премии ВАГО. Еще четыре члена общества пополнили список лауреатов этих премий, в котором сейчас числится 45 человек.

По рекомендации экспертной комиссии ВАГО, возглавляемой почетным членом общества профессором Б. А. Воронцовым - Вельяминовым, первая премия за 1982 год присуждена членам Калининского отделения

ВАГО **Сократу Павловичу Голенецкому, Дмитрию Александровичу Мурашову и Виталию Вячеславовичу Степанку** за исследование Тунгусского метеорита и практическое применение результатов исследования — со-

*Лауреаты первой поощрительной премии ВАГО за 1982 год (слева направо):
Д. А. Мурашов, С. П. Голенецкий,
В. В. Степанок*

здание универсального комплексного микроудобрения, имитирующего микроэлементный состав глобальных атмосферных аэрозолей.

Тунгусский метеорит и удобрения — сочетание, казалось бы, невероятное. Постараемся объяснить, в чем тут дело.

Еще в конце 50-х годов экспедиции Комитета по метеоритам АН СССР установили, что деревья, пережившие Тунгусскую катастрофу, стали расти быстрее: их годовые кольца после 1908 года намного шире, чем до ка-





Лауреат второй
поощрительной премии ВАГО
за 1982 год В. А. Зиновьев

тастрофы. Выдвигались два объяснения ускоренного прироста древесины: либо повал тайги облегчил поступление к выжившим деревьям солнечных лучей, либо разрушение Тунгусского тела и возникший в тайге лесной пожар создали дополнительный источник удобрений, благоприятный для роста деревьев. Какой же фактор был основным? На этот вопрос долго не удавалось найти ответа.

Несколько лет С. П. Голенецкий и В. В. Степанок (первоначально в сотрудничестве с московским геохимиком Е. М. Колесниковым) провели на Подкамненной Тунгуске, отбирали пробы почвы и торфа, выполняли микроэлементный и изотопный анализ выявленных космических частиц. Их внимание привлекли некоторые аномалии состава. В отличие от обычных аэрозолей, выпадающих на Землю из космического пространства, а также от каменных метеоритов — хондритов, вещество Тунгусского тела (вероятно, ядра кометы) обогащено такими летучими и легкоплавкими элементами, как селен, бром, мышьяк, ртуть, свинец, цинк, серебро, йод. Напротив, вещество Тунгусского тела содержало в 1000 раз больше цинка, в тысячи раз больше свинца, олова, сурьмы, чем хондриты. Возможно, именно такой микроэлементный со-

став и благоприятен для роста растений?

В дальнейших работах участвовали все три лауреата. Был подготовлен удобряющий состав, имитирующий тот, что обнаружили в Тунгусской тайге. Совместно с агрономами колхоза «Мир» Торжокского района Калининской области и колхоза имени Кутузова Малоярославецкого района Калужской области разработали методику внесения удобрений на картофельные поля. И вот результаты: в колхозе «Мир» на поле, где ставился эксперимент, урожайность картофеля достигла 202, тогда как на контрольном участке — всего 138 центнеров с гектара. В колхозе имени Кутузова было соответственно 198 и 139 центнеров с гектара. В колхозе «Мир» экономический эффект от эксперимента составил почти 3000 рублей на площади в 2 га. Это, пожалуй, первый случай, когда данные научно-исследования космической катастрофы удалось использовать в сельском хозяйстве.

Кто же они, новые лауреаты поощрительной премии ВАГО? Дмитрий Александрович Мурашов — доцент кафедры теоретической физики Калининского университета, заместитель председателя Калининского отделения ВАГО. Виталий Вячеславович Степанок — старший научный сотрудник радиометрической лаборатории Всероссийского НИИ сельскохозяйственного использования мелиорированных земель (г. Калинин). Сократ Павлович Голенецкий — старший научный сотрудник Института экспериментальной метеорологии Госкомгидромета (г. Обнинск).

Вторая премия за 1982 год присуждена члену Волгоградского отделения ВАГО Виктору Александровичу Зиновьеву за многолетние визуальные и фотографические наблюдения планет и солнечных затмений. В. А. Зиновьев по профессии инженер, но уже в течение многих лет вечерами и ночами просиживает за телескопом — 30-сантиметровым рефрактором обсерватории Волгоградского планетария. Начал с визуальных наблюдений Юпитера, Марса, Венеры, Сатурна, потом стал фотографировать. По рисункам и фотографиям измерял

координаты деталей на диске Юпитера, определял их периоды вращения. На его работы, опубликованные в «Астрономическом вестнике» и «Астрономическом циркуляре», ссылаются и профессиональные астрономы. 31 июля 1981 года В. А. Зиновьев получил удачные фотографии солнечной короны. Виктор Александрович активно участвует и в пропаганде астрономических знаний.

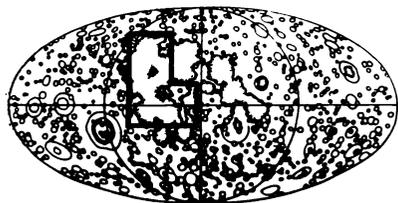
НОВЫЕ КНИГИ

ПОПУЛЯРНО О КОМЕТАХ

В 1982 году издательство «Знание» выпустило книгу известного японского астронома Контиро Томиты «Беседы о кометах» (перевод с японского выполнен М. И. Коноваловым под редакцией В. С. Стрельниченко; предисловие К. И. Чурюмова).

По мнению К. И. Чурюмова, эта книга «должна стать как бы учебным пособием для каждого, желающего заняться „охотой за кометами“». Что же касается перспективности такой охоты, то автор предисловия утверждает следующее: «Каждый астроном-любитель при настойчивых и целеустремленных поисках имеет шанс открыть новую в среднем за 250—300 часов наблюдений...». Автор книги, однако, считает, что она отличается и от учебного пособия, и от простой книги для чтения, ибо «ее основная цель заключается в том, чтобы внушить читателю мысль, что астрономы, хотя они и занимаются, в частности, изучением такого небесного явления, как кометы, все же остаются вполне „земными“ людьми и что, по существу, любой человек, в любой стране мира может, соревнуясь и сотрудничая с другими, быть причастен к такому делу, как открытие, наблюдение и изучение комет».

Бесед, собственно, семь — «Обнаружения комет и их названия», «„Охотники“ за кометами», «Сложности и удачи в поисках комет», «Человеческий глаз и телескоп как инструменты наблюдений», «Кометы — редкие гости на небе», «Развитие техники наблюдений комет», «Небесные тела, родственные кометам». Уже из названий бесед видно, что, прочитав книгу, можно узнать не только о самих «хвостатых звездах», но и об их открывателях (есть даже параграф «Кометы и женщины-астрономы»). И об основах астрономической оптики, и о метеорах и астероидах, и о многом другом. В целом же книга готовит читателей к предстоящей встрече с кометой Галлея.



Океан Бурь

Самое обширное равнинное образование Луны — Океан Бурь имеет многие характерные черты лунных морей. Он занимает область, непосредственно примыкающую к западному краю видимого с Земли диска Луны. На востоке территория Океана Бурь начинается от границ Моря Дождей и Моря Познанного, которое расположено южнее кратера Коперник (Земля и Вселенная, 1972, № 5, с. 40.— Ред.). На южной оконечности Океана Бурь выделяется темная область Моря Влажности. Отдельные образования на окраинах самой обширной лунной равнины названы заливами: Залив Росы в северо-восточной части, Залив Зноя в западной части — близ центра видимой стороны Луны.

В районе Океана Бурь совершила впервые в мире мягкую посадку автоматическая станция «Луна-9». На переданной ею панораме удалось разглядеть подробности строения лунной поверхности: микроструктуру грунта, небольшие кратеры, камни и т. п. (Земля и Вселенная, 1966, № 2, с. 36.— Ред.). В честь этого знаменательного события область севернее кратера Кавальери названа Равниной Посадки.

Фотография Океана Бурь.

Отмечены объекты, интересные для наблюдений:

1 — Залив Росы,

2 — район кратеров

Рассел и Эддингтон, 3 — район

кратеров Аристарх и Геродот,

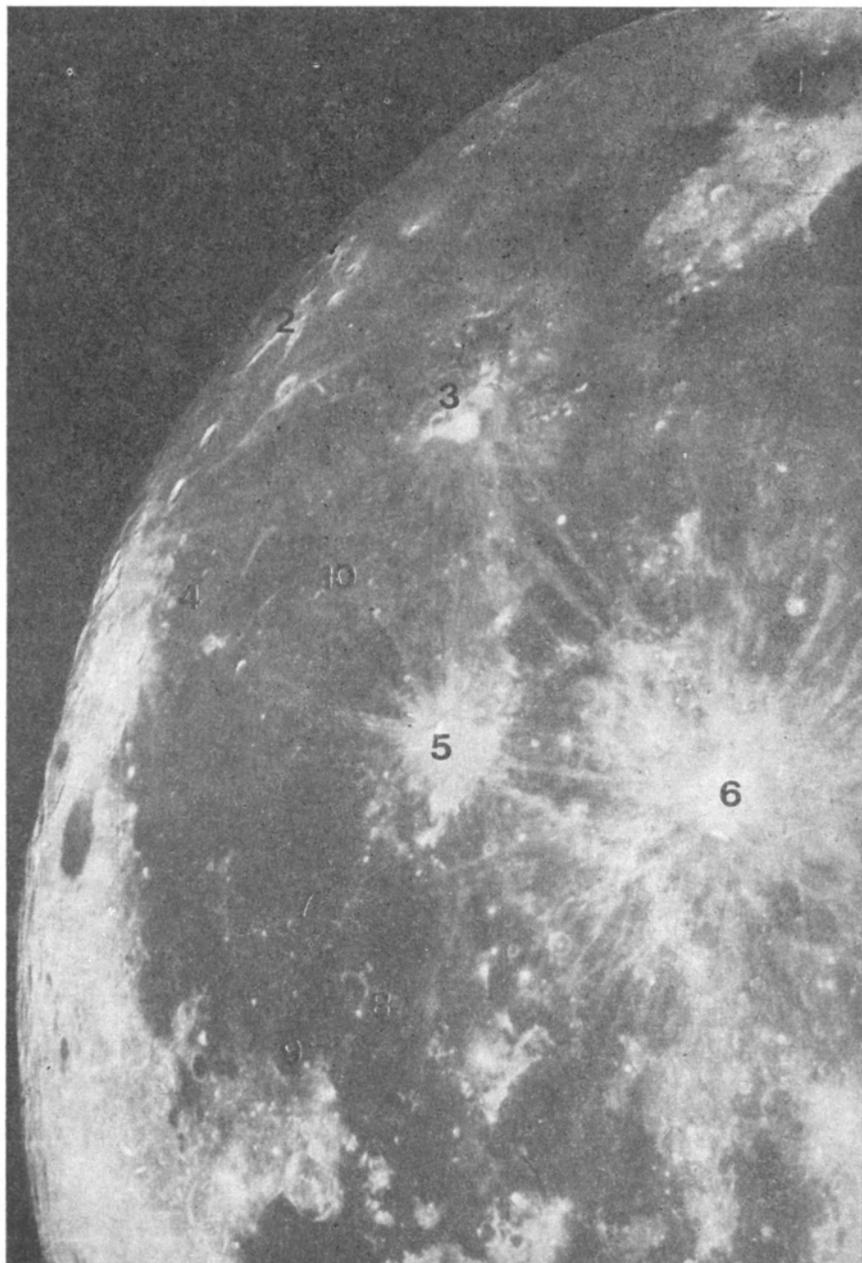
4 — Равнина Посадки,

5 — кратер Кеплер, 6 — кратер

Коперник, 7 — кратер Флемстид,

8 — кратер Визман, 9 — кратер

Летронн, 10 — кратер Марий



Самое протяженное образование морского типа на Луне не случайно называют «океаном» — его площадь достигает 2 102 000 км², что составляет примерно 5% лунной поверхности.

В единственном лунном океане много интересных объектов. При благоприятных условиях, когда Солнце высоко поднимается над его обширной равниной, с Земли видны громадные лучевые системы. Светлые лучи, простирающиеся на сотни километров от кратеров Коперник, Кеплер, Ольберс А, пересекают темные лавовые поля Океана Бурь в различных направлениях.

Особый интерес представляют частично затопленные кратеры. Над застывшей лавой возвышаются только гребни валов. Множество погребенных кольцевых образований трудно обнаружить на окраинах Океана Бурь: на юге — кратер Летронн, рядом с ним — остатки кольцевых валов вблизи кратеров Флемстид и Вихман; на севере подобное образование заметно рядом с кратером Марков, а на западе затопленные структуры проступают вдоль всей границы морской поверхности. Их очень много в районах кратеров Рассел, Струве и Эддингтон.

Измеряя высоту валов затопленных кратеров, можно оценить мощность слоя застывшей лавы. Многочисленные определения параметров лунных кратеров показали, что в среднем заданному диаметру соответствует некоторое постоянное значение высот внутреннего и внешнего вала над окружающей местностью. Поэтому нетрудно решить и обратную задачу — измерив диаметр затопленного кратера, оценить первоначальную высоту его вала. Полученная затем разница между первоначальной высотой вала и высотой возвышающегося над поверхностью лавы гребня даст значение минимальной толщины лавового слоя.

Оказалось, что средняя мощность базальтовых лав в Океане Бурь около 350 м. В западной и северо-западной части Океана Бурь под слоем лавы прослеживаются депрессии. Здесь мощность лавового слоя возрастает до 500—600 м. Все же это значительно меньше, чем мощность лав

в соседнем круговом Море Дождей. Допустимо предположить, что затопление Океана Бурь в основном происходило не из глубинных очагов, а поверхностным движением лавовых потоков из Моря Дождей и Моря Познанного. Когда Солнце стоит невысоко над горизонтом и поверхность освещается косо падающими лучами, удается различить многочисленные пологие валы и складки, возникшие, по-видимому, в процессе движения лав. Особенно отчетливы следы лавового перемещения в окрестности кратера Марий.

В пределах Океана Бурь выделяются несколько разновременных лавовых потоков. Оценить возраст поверхности помогло изучение сохранности кратеров различных размеров и подсчеты их общего числа в каждой исследуемой области. Так как подавляющее большинство лунных кратеров имеет ударное происхождение, их число служит показателем древности ландшафта. Основная площадь поверхности Океана Бурь занята лавами, застывшими 3—3,3 млрд. лет назад. Вдоль северо-западной границы Океана Бурь, на южной окраине и вокруг кратера Аристарх располагаются более древние породы, возраст которых 3,3—3,6 млрд. лет. В довольно значительных областях восточнее кратеров Рассел и Эддингтон, а также южнее кратера Кеплер возраст базальтовых лав менее 3 млрд. лет. Не исключено, что это самые молодые обширные лавовые потоки на Луне. Визуально они отличаются более темной окраской.

Время, удобное для наблюдения Океана Бурь и отдельных деталей на его поверхности, наступает спустя примерно 9 дней после новолуния. В этот период вблизи терминатора можно рассмотреть в подробностях полузатопленные кратеры, пологие валы и складки лавовых полей. Чем ближе к полнолунию, тем отчетливее выделяются лучевые системы и оттенки темной поверхности. Примерно через 9 дней после полнолуния в пределы Океана Бурь вступит вечерний терминатор — теперь можно повторить наблюдение объектов уже при другом направлении падения солнечных лучей Солнца.

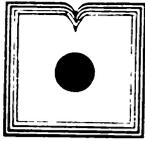
НОВЫЕ КНИГИ

КАК ЗАРОЖДАЛАСЬ НАУЧНАЯ МЕТЕОРИТИКА

В монографии А. И. Еремеевой «Рождение научной метеоритики. История Палласова Железа» (М.: Наука, 1982) — первой по истории метеоритики — раскрывается один из узловых этапов в развитии научной картины мира. Революционная теория Э. Ф. Ф. Хладни (1794 г.) о единой космической природе загадочных прежде «огненных шаров», «падающих звезд», легендарных аэролитов и (что оказалось наиболее неожиданным) странных находок крупных блоков «самородного железа» положила начало новой области наук о Космосе — метеоритике. Начавшееся изучение метеоритного вещества впервые, еще за четверть века до изобретения спектрального анализа, доказало существование единства окружающей Вселенной, а изучение всего «метеорно-метеоритного феномена» открыло новый мир — мелкодисперсную макроскопическую форму космической материи, которая оказалась источником непосредственной, «вещественной» информации не только о составе и строении, но и об истории развития окружающей нас Вселенной («реликтовое вещество»).

Первым таким «космическим вестником», опознанным на Земле, стала найденная в середине XVIII века в Сибири 700-килограммовая железно-каменная глыба — метеорит Палласово Железо. Ему суждено было сыграть существенную роль как в формировании теории Хладни, так и в дальнейшем становлении научной метеоритики. На материале драматической (во многом уточненной автором) истории этой находки, разгадка которой в течение десятилетий занимала умы многих европейских и отечественных исследователей, в книге детально анализируются история рождения научной метеоритики и более общие закономерности развития знания. В частности, выявляется сложная связь между не объяснимыми в рамках существующей картины мира фактами и возникновением новых, революционных идей в науке.

Книга состоит из шести частей: «Эпоха и проблема», «История Палласова Железа до Хладни», «Дискуссии о роли Палласова Железа в формировании метеоритной теории Хладни», «Палласово Железо и рождение метеоритной концепции Хладни», «Место и роль Палласова Железа в становлении и развитии научной метеоритики в XIX—XX вв.», «Дальнейшая история метеорита Палласово Железо».



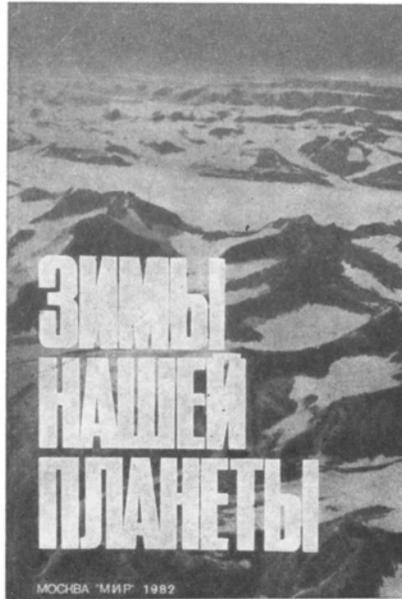
КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Доктор географических наук
М. Г. ГРОСВАЛЬД

Оледенения в истории Земли

С каждым годом растет поток информации об оледенениях Земли. Новые открытия приносят исследования Антарктиды и Гренландии, следы древних ледников выявляются на африканской суше и полярных континентальных шельфах, их находят на дне морей, «вычитывают» из разрезов метаморфических толщ докембрия. Источниками информации становятся также реконструкции дрейфа литосферных плит и систем океанских течений, математические модели палеотемператур суши и океана, морская микропалеонтология. Но множатся и специфические трудности: новые данные нередко оказываются противоречивыми, они не укладываются в рамки существующих концепций. Поэтому особую важность приобретают работы, где делаются попытки создать целостную картину ледниковой истории Земли, раскрыть общие законы мира льда, проанализировать роль оледенений в формировании современного облика планеты. И вместе с тем это должны быть работы, передающие атмосферу тех далеких эпох, которые были отмечены глобальными похолоданиями и катастрофическими разрастаниями ледниковых покровов.

Книга «Зимы нашей планеты» — одна из наиболее удачных работ на эту тему. Она написана международным коллективом выдающихся геологов и гляциологов — Б. Джоном (Англия), Э. Дербиширом (Англия), Р. Фейрбриджем (США), Дж. Эндрюсом (США) и Г. Янгом (Канада), переведена на русский язык доктором географических наук Л. Р. Серебрянным и выпущена в 1982 году издательством «Мир». Книга сразу же вводит читателя в обстановку ледникового периода. Просвечивая сквозь сумрак полярной ночи, с ее обложки на нас смотрит суровый ледниковый ландшафт арктической Гренландии. Содержание глав и подбор иллюстраций служат той же цели — дать возможно более полное представление о ледниках и ледниковых эпохах. Они последовательно



знакомят с современным распределением льда и мерзлых пород, с геологической историей и строением Земли, с причинами оледенений. В книге даются основы современной гляциологии, приводятся результаты изучения взаимодействий льда с земной поверхностью и происхождения ледникового рельефа, обсуждаются гипотезы о роли оледенений в развитии органического мира.

Особенно интересны главы, рассказывающие о ледниковых эпохах, периодах и эрах прошлого — от раннепротерозойской ледниковой эры до современной, или позднекайнозойской, в условиях которой сформировался человек. В заключение анализируется вопрос о периодичности ледниковых эр, вероятности существования ледниковых мегаритмов с длительностью в 150 млн. лет и чередующихся с ними «летних периодов планеты», приводятся данные о более коротких ритмах, включая вековые. Не обойден вниманием и

прогноз будущих изменений оледенения, вероятность новых разрастаний или полного исчезновения ледников.

Нет нужды в более подробном пересказе содержания книги, которая издана большим тиражом. Скажу лишь, что она будет полезна и для широкого читателя, и для специалистов, потому что в ней впервые объединены сведения о всех оледенениях Земли. На моей памяти советские геологи Б. М. Келлер и Ю. А. Лаврушин предприняли такую попытку, однако их брошюра «Великие оледенения в истории Земли», вышедшая в 1970 году, сразу стала библиографической редкостью. Между тем совместное рассмотрение современного, палеозойских и докембрийских оледенений чрезвычайно полезно, и не только потому, что «современность — ключ к прошлому». Есть и другая, менее очевидная ценность такого подхода: данные об оледенениях палеозоя и докембрия по-новому освещают текущий ледниковый период, его место в истории Земли, закономерности распространения и режима четвертичных ледниковых покровов. Оледенения четвертичного периода оказываются не исключительным событием, свойственным лишь новейшему этапу этой истории, а одним из явлений, закономерно повторяющихся на протяжении последних 2,5 млрд. лет. На фоне большой длительности древнейших оледенений позднекайнозойская ледниковая эра выглядит неоконченной, на фоне гигантских масштабов древнейших ледниковых покровов естественными кажутся самые смелые реконструкции плейстоценовых ледниковых покровов Арктики и Антарктики. Если следы древнейших оледенений представлены не только ледниковыми формациями континентов, но также специфическими формациями материковых шельфов и склонов, то вряд ли следует сомневаться и в вероятности покровных оледенений четвертичных морей. Или если древнейшие ледниковые покровы были не-

устойчивыми и оставили следы повторных катастрофических распадов, то таким распадам могли подвергаться и четвертичные ледниковые щиты, и прогноз предстоящего распада Западноантарктического ледникового покрова не кажется таким уж фантастическим.

Здесь уместно отметить, что и советские исследования внесли существенный вклад в познание древних и древнейших оледенений Земли. Ледниками прошлого у нас занимаются различные научные коллективы гляциологов и геологов. В связи с проблемой древних оледенений и их взаимодействия с климатом и океаном развернуты работы по нескольким национальным и международным программам. Не обойдены вниманием и докембрийские оледенения; итоги изучения их следов в Сибири, на Украине, в Арктике и других областях содержатся в монографии Н. М. Чуакова «Докембрийские тиллиты и тиллоиды» (М.: Наука, 1978).

Остается добавить, что книга переведена вполне квалифицированно и читается легко. Она хорошо издана и прекрасно иллюстрирована многочисленными фотографиями и рисунками, в том числе и цветными, а также снабжена списком литературы, предметным указателем и подробным словарем специальных терминов.

Книга не лишена и недостатков. В частности, не совсем тщательно выверен цифровой материал, приводимый в тексте и на рисунках. Не совпадают, например, площади четвертичного оледенения, указанные на с. 13 и 15; неточны площади оледенения Советской Арктики, отмеченные на рис. 45; преувеличена площадь шельфового ледника Росса в Антарктиде, которая равна не 803 000 км², как сказано на с. 121, а лишь 538 000 км². «Не повезло» и нашей реконструкции последнего панарктического ледникового покрова: на рис. 150 и 151 представлены не «две совершенно разные модели

мира, существовавшего 18 000 лет назад», как следует из текста, а два варианта одной и той же схемы Хьюза — Дентона — Гросвальда, к тому же перепутанные местами.

Авторы некоторых глав включили в число надежно обоснованных концепций собственные гипотезы, остающиеся пока сомнительными. Так, Дж. Эндрюс пишет о возможности повышения температур при росте древнеледниковых покровов (с. 246); как об установленном факте он говорит о разновременности последнего ледникового максимума в умеренных и высоких широтах северного полушария. Насколько мне известно, данные большинства скандинавских и канадских геологов опровергают это.

Сделанные замечания не снижают ценности книги. Возможно, она нуждалась лишь в дополнительных комментариях, а некоторые ее места — в уточнении. В целом же она чрезвычайно интересна и может быть рекомендована вниманию советского читателя.

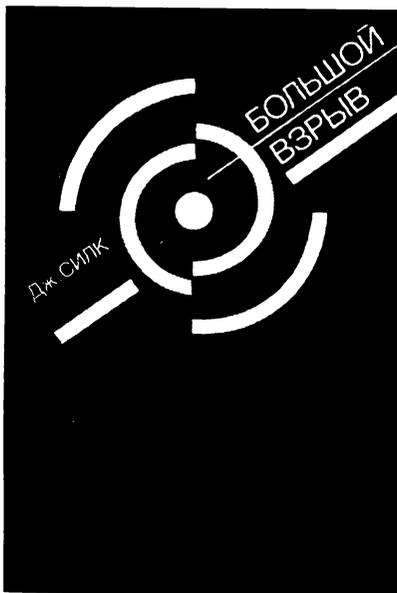
Доктор физико-математических наук
Ю. С. ВЛАДИМИРОВ

«Большой взрыв»

Каков наш мир? Каким было прошлое Вселенной? Что ее ожидает в дальнейшем? Эти вопросы, волнующие многих, обсуждаются в книге известного американского астрофизика Дж. Силка «Большой взрыв (Рождение и эволюция Вселенной)». В 1982 году перевод этой книги опубликован в издательстве «Мир».

На уровне наших сегодняшних знаний начало расширения Вселенной связывается с Большим взрывом. Условно с этого «момента» ведет отсчет космическая хронология. Материя на самых ранних стадиях, о которых современная физика может сказать что-либо разумное, состояла из «адской смеси» элементарных частиц, имеющей чрезвычайно высокую плотность и колоссальнейшую температуру; и вот эта-то материя и начала взрывоподобно разлетаться. Плотность и температура (энергия) частиц резко уменьшались. Через 10⁻⁴³ с (планковское время) после Большого взрыва плотность составляла 10³⁰ кг/см³, а температура 10³¹ К.

Спустя несколько миллисекунд завершилась «адронная эра», когда доминировали сильные взаимодействия. Подавляющее число адронов (самых тяжелых элементарных частиц) проаннигилировало. Оставшиеся своим существованием обязаны малой асимметрии частиц и античастиц. Наступила «лептонная эра» — преоб-



ладающими стали слабые взаимодействия. В этот момент Вселенная

состояла из остатков тяжелых частиц, фотонов и лептонов (легких частиц) — электронно-позитронных пар, нейтрино и антинейтрино.

Через секунду плотность упала до 10 кг/см³, а температура до 10¹⁰ К. В это время интенсивно аннигилировали электронно-позитронные пары, превращаясь в фотоны. Гамма-излучение стало доминирующей составной частью Вселенной: на одно атомное ядро приходилось около 100 млн. фотонов.

Приблизительно через минуту температура снизилась до 10⁹ К. В этот момент Вселенная была похожа на гигантскую водородную бомбу. Начался синтез ядер дейтерия, затем трития и гелия. По-видимому, первичное происхождение гелия (гелий по весу составляет около 30%, водород примерно 70%) во Вселенной связано именно с этой эпохой.

Еще через несколько минут температура упала настолько, что термоядерный синтез прекратился. Началась «радиационная эра». В течение трети миллиона лет Вселенная представляла расширяющееся «огненное образование» из вещества и излучения. По мере расширения энергия излучения уменьшалась, а

вместе с ней снижалась и доля излучения в общей массе Вселенной. Через 100 000 лет плотность энергии стала меньше плотности частиц (электронов, протонов, легких ядер). Когда возраст Вселенной составлял примерно 1 млн лет, температура упала ниже 4000 К, началось объединение электронов и протонов в атомы водорода. Этот период называют «эпохой отделения вещества от излучения». Мир остывал все сильнее.

Затем из неоднородностей распределения вещества сформировались галактики — крупномасштабная структура Вселенной. Потом — звезды..., планеты, Земля, жизнь на Земле...

Возраст Вселенной порядка 20 млрд лет, она продолжает расширяться, по-видимому, с замедлением. Температура первичного (реликтового) электромагнитного излучения, сохранившегося с ранних стадий эволюции Вселенной, уменьшилась до 3 К. Реликтовое излучение было обнаружено сравнительно недавно (1965 г.) и сейчас рассматривается как один из веских доводов в пользу теории Большого взрыва.

В предпоследней главе изложен сценарий дальнейшей эволюции мира, отдельно для случая открытого (бесконечного) мира и для закрытой (замкнутой) модели вселенной. В настоящее время наиболее вероятной моделью для нашей Вселенной считается открытая. Согласно этой модели, нашей Вселенной предстоит расширяться вечно, и ее неизбежный удел — бесконечное, приближающееся к плоскому пространство, «холод и мрак, будущее без перемен». Безотрадно будущее и закрытой модели мира.

В последней главе кратко обсуждены некоторые альтернативные варианты теории, показаны их слабые стороны по сравнению с теорией Большого взрыва.

Следует еще раз подчеркнуть, что нарисованная в книге картина устройства и эволюции мира отражает детально разработанную модель, опирающуюся на известные сегодня закономерности общей теории относительности и физики элементарных частиц. Конечно, при этом допускается экстраполяция наших знаний максимально далеко. На подобную экстраполяцию можно смотреть по-разному. С одной стороны, ее делать необходимо, ибо только так можно пытаться охватить всю структуру нашего мироздания. Но, с другой стороны, нужно отдавать себе отчет, что это лишь модель, соответствующая нашему уровню знаний. С развитием науки нам неизбежно придется не только вносить некоторые коррективы в современную модель, но и существенно ее видоизменять.

Для таких утверждений есть веские основания. За последние 100 лет было получено столько новых знаний о природе, что неоднократно оказывались посрамленными утверждавшие, будто уже почти все известно о фундаменте устройства мира и на горизонте науки остались-де лишь одно-два облачка. Но из этих облачков потом выросли теория относительности, квантовая механика, физика микромира, которые, кстати, и явились основой той картины, которая дана в книге. Кто может поручиться, что на горизонте науки сейчас подобных облачков нет?

Здесь уместно напомнить, что во всем мире продолжается серьезный анализ основ нашего физического знания. Разрабатываются обобщения теорий, в том числе и общей теории относительности, причем исследования ведутся намного интенсивнее, чем это представлено в последней главе рецензируемой книги. Но любая новая теория, обобщающая уже созданную, обязана выдержать строгий экзамен сопоставления с экспериментом, с выводами сегодняшней физики. В данный же момент наибо-

лее удовлетворительно соответствует наблюдаемым фактам и дает самое полное описание мира картина, отраженная Дж. Силком в книге «Большой взрыв».

К сожалению, при подготовке к печати этого издания допущен ряд небрежностей. Так, в именном указателе и в тексте имеются ошибки в написании фамилий и имен иностранных ученых, встречаются огрехи и в подрисуночных подписях. Однако эти замечания не относятся к научной стороне перевода, который выполнен на должном уровне.

Книга «Большой взрыв» читается с неослабевающим интересом. Сложнейший материал преподнесен в ней так, что делается доступным даже учащимся 8—10 классов средней школы. Книга богато иллюстрирована рисунками, фотографиями, графиками, наглядными схемами. Для желающих более детально ознакомиться с материалом в конце книги приведены пояснения к каждой главе с использованием самых необходимых формул, а также дан список литературы.

Книги 1984 года

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

В плане 1984 года предусмотрен выпуск учебной, научной, справочной и научно-популярной литературы.

Ведется работа над двумя учебными пособиями. Одно из них — «Звездная астрономия» П. Г. Куликовского — уже известно читателям. Новое издание улучшено и дополнено автором. Книга Е. И. Москаленко «Методы внеатмосферной астрономии» рассказывает об астрономических наблюдениях, проводимых на самолетах, стратосферных баллонах, высотных ракетах, искусственных спутниках Земли и автоматических межпланетных станциях.

Планируется выпуск шести научных монографий, охватывающих различные области астрономии: астрофизику, небесную механику, астрономическую оптику, историю науки. В их числе книги Т. В. Бордовицкой «Современные численные методы в задачах небесной механики», И. А. Климишина «Ударные волны в оболочках звезд», второе переработанное и дополненное издание «Телевизионной астрономии», написанное коллективом авторов. По просьбе специалистов и любите-

лей астрономии переиздается книга выдающегося советского оптика Д. Д. Максутова «Изготовление и исследование астрономической оптики». В ней, в частности, рассказывается о требованиях, предъявляемых к материалам, из которых изготавливают зеркала, линзы и призмы, о методах шлифовки, полировки и контроля оптики. В монографии Л. С. Марочкина и А. А. Сучкова «Галактика» обсуждается структура нашей звездной системы, химический состав, возраст и другие характеристики входящих в нее объектов, их эволюция.

В XVII выпуске сборника «Историко-астрономических исследований» собраны материалы, освещающие историю отечественной и мировой астрономии, жизнь и деятельность известных астрономов.

Раздел справочной литературы представлен «Астрономическим календарем» на 1985 год (выпуск 88).

Разнообразна тематика раздела научно-популярной литературы. Продолжается издание серии «Библиотека любителя астрономии». В книге Н. А. Беляева и К. И. Чурюмова «Комета Галлея и ее наблюдение» рассказывается об очередном появлении самой знаменитой кометы. Читатели узнают много интересного о ней (и о кометах вообще),

найдет необходимые сведения о перемещении кометы Галлея по небу в период ее приближения к Земле и Солнцу, рекомендации к наблюдениям, познакомится с планируемыми космическими полетами к ядру кометы. В этой же серии выходит книга В. А. Бронштэна «Серебристые облака и их наблюдение». В исследовании самых высоких земных облаков большой вклад внесли любители астрономии. В первой части книги дается представление о серебристых облаках и их свойствах, во второй — указания к любительским наблюдениям.

По многочисленным просьбам читателей готовится переиздание книги В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе». Впервые книга увидела свет 35 лет назад. Пять ее изданий, общий тираж которых составил несколько сотен тысяч экземпляров, верно послужили любителям астрономии. В очередном издании книги учтены новые достижения науки и возможности, открывающиеся перед любителями.

По просьбе читателей будут также переизданы завоевавшие популярность книги И. С. Шкловского «Звезды: их рождение, жизнь и смерть» и Ю. Н. Ефремова «В глубины Вселенной». Обе книги удостоены премий на конкурсе Всесоюзного общества «Знание».

К числу лучших научно-популярных изданий с полным правом можно отнести книгу Е. А. Гребеникова и Ю. А. Рябова «Поиски и открытия планет». Со времени ее выхода прошло 10 лет, поэтому во второе издание книги авторам пришлось внести много изменений и дополнений, обусловленных исследованиями, выполняемыми с борта космических аппаратов.

Большой интерес для широкого круга читателей представит книга А. И. Еремеевой «Астрономическая картина мира и ее творцы», где автор дает панораму развития представлений об окружающем нас мире с древнейших времен и до наших дней.

Молодому разделу астрофизики, отмечившему недавно свое 20-летие, посвящена книга П. Р. Амнуэля «Небо в рентгеновских лучах».

Хотелось бы обратить внимание читателей на то, что в последние годы книготорговые организации определяют тиражи научных монографий, учебников, учебных пособий и справочников на основе предварительных заказов. Читатели, не сделавшие своевременно предварительные заказы в книжных магазинах, рискуют остаться без нужных им книг.

Заведующий редакцией астрономической литературы
И. Е. РАХЛИН

Доктор геолого-минералогических наук

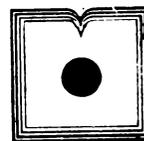
А. А. НИКОНОВ

Связь подземных вод и землетрясений

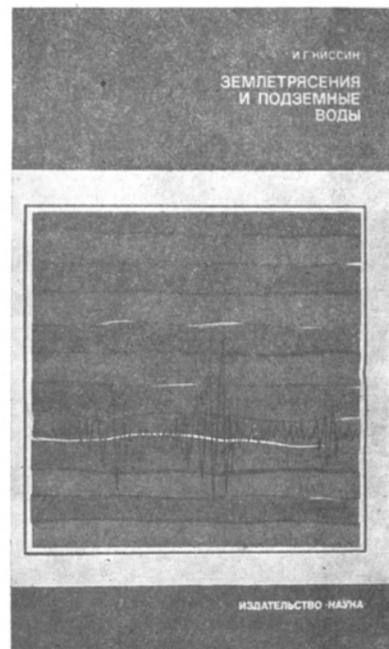
Научно-популярная литература о землетрясениях постоянно пополняется, отражая интерес к явлению как со стороны специалистов, так и широкой читательской аудитории. Новая книга И. Г. Киссина «Землетрясения и подземные воды», вышедшая в издательстве «Наука» в 1982 году, не просто очередная в серии книг о, казалось бы, известном, но пока до конца не понятом явлении. Книга, в сущности, открывает новый подход к проблеме: выявляет связь землетрясений с подземными водами, тем самым давая характеристику еще одному направлению в изучении землетрясений. И. Г. Киссин известен как зачинатель и активный исследователь в этой области, так что читатели получают информацию о новом аспекте научных исследований, что называется, «из первых рук».

В книге есть все разделы, необходимые для понимания связи землетрясений с подземными водами: общая характеристика и описание землетрясений, современные представления о процессах в очаге землетрясения, сведения о подземных водах и их влиянии на подготовку землетрясений.

Проблема взаимодействия сейсмических событий и подземных вод находится в центре внимания автора. Сейсмологам давно известно, что интенсивность сейсмических сотрясений тем выше, чем выше уровень грунтовых вод в данной местности, и что землетрясения могут влиять на дебит подземных источников. Но в последние годы оказалось: это — только частичное и притом далеко не самое важное отражение многообразных связей и взаимодействия подземных вод и сейсмических процессов. Именно взаимодействия, так как не только землетрясения влияют на подземные воды, но и, — что стало ясно в значительной мере благодаря трудам И. Г. Киссина, — подземные воды в немалой степени определяют возникновение землетрясений. С этих позиций в книге излагается взаимодействие под землей вещества в твердой и флюидной фазах в механическом, химическом



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ



и динамическом аспектах. Иными словами, рассматриваются процессы в очаге будущего землетрясения с точки зрения физико-химических процессов и динамики твердой и жидкой фаз в недрах.

Большое внимание в своей книге автор уделяет чрезвычайно важному феномену: землетрясениям, возбужденным деятельностью человека — закачкой воды в скважины, заполнением водохранилищ, добычей флюидов из недр Земли. И. Г. Киссин, впервые в нашей стране обративший внимание на проблему возбужденных землетрясений и прекрасно владеющий материалом, излагает его в доступной и интересной форме. Читатель знакомится как с проблемой в целом, так и с наиболее яркими примерами спровоцированных землетрясений.

Другой раздел книги, также основывающийся на взаимодействии подземных вод и жизни земных недр,— прогноз землетрясений. И. Г. Киссину удалось коротко, но без заметных пропусков изложить разные направления и результаты в области такого прогноза. Среди нескольких десятков признаков, рассматриваемых сейчас как возможные предвестники сейсмических событий, особое внимание в книге уделено группе флюидных предвестников, на которые еще в начале века обратил внимание Б. Б. Голицын. Но исследовать их целенаправленно начали лишь в конце 60-х годов. К этой группе отнесены аномальные явления, связанные с наиболее подвижными компонентами земной коры — водой, нефтью и газами. Изменения уровня, давления или дебита подземных (не только грунтовых!) вод относятся к гидрогеодинамическим предвестникам, вариации же состава подземных вод и газов, в том числе и изотопного,— к гидрогеохимическим. Приведя несколько случаев проявления гидрогеодинамических эффектов перед землетрясениями, автор рассматривает их в качестве долго- и краткосрочных предвестников. Хотя эффекты имеют разные масштабы, продолжительность и упреждение, проявляются на разных расстояниях, а иногда и вовсе не проявляются, они признаны

перспективными для прогнозных оценок.

Говоря о гидрогеохимических предвестниках, И. Г. Киссин основывается не только на известном примере изменения содержания радона в Ташкентской минеральной воде перед землетрясением 1966 года, но и на многих более свежих отечественных и зарубежных данных.

Одно из достоинств книги в том, что привлечен обширный экспериментальный и теоретический материал. Вместе с тем автор нашел удачные пропорции в изложении фактов и их обсуждении, рассмотрении возможных причин наблюдаемых эффектов. Очень важно, тем более для популярной книги, что автор излагает разные точки зрения, объективно обсуждает возможные варианты объяснения сложных процессов в недрах, трудности в интерпретации ряда предвестниковых явлений.

Книга построена логично, написана хорошим языком, читается с интересом. Пониманию научных результатов помогают графики и чертежи. Продуманный подбор литературы свидетельствует о надежной научной базе книги и помогает читателю ориентироваться в потоке информации. Научно-популярная серия «Человек и среда», выпускаемая издательством «Наука», пополнилась еще одной хорошей книгой.

Не забудьте вовремя оформить подписку на журнал «Земля и Вселенная» на 1984 год. Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати.

Подписная цена на год — 3 руб. 90 коп.,

на полгода — 1 руб. 95 коп.

Цена одного номера — 65 коп.

Индекс 70336.

Адрес редакции: 103717, ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., д. 21, комн. 2. Телефоны: 227-02-45, 227-07-45

Художественный редактор Л. Я. Шимкина

Корректоры: В. А. Ермолаева, Л. М. Федорова

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

Сдано в набор 18.04.83. Подписано к печати 23.06.83. Т-09374.

Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Высокая печать. Усл. печ. л. 3,4.

Уч.-изд. л. 11,1. Усл. кр.-отт. 532,7 тыс. Бум. л. 2,5.

Тираж 42 439. Заказ 2705. Цена 65 коп.

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

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

4 ИЮЛЬ АВГУСТ 1983 И ЗЕМЛЯ ВСЕЛЕННАЯ

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

Редакционная коллегия:

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



Новый полет к Венере

В соответствии с программой исследований космического пространства и планет Солнечной системы 2 и 7 июня 1983 года в Советском Союзе осуществлен запуск автоматических межпланетных станций «Венера-15» и «Венера-16». Они достигнут окрестностей планеты в начале октября 1983 года.

Полет станций «Венера-15» и «Венера-16» даст воз-

можность осуществить независимые комплексные измерения над различными районами Венеры. Научные исследования, которые будут проводиться одновременно двумя автоматическими станциями с орбит искусственных спутников Венеры, позволят значительно расширить объем информации о поверхности и атмосфере ближайшей к Земле планеты Солнечной системы.

На орбите «Салют-7»

20 апреля 1983 года в 17 ч 11 мин по московскому времени был осуществлен запуск космического корабля «Союз Т-8», пилотируемого экипажем в составе командира корабля подполковника **В. Г. Титова**, бортинженера **Г. М. Стрекалова** и космонавта-исследователя **А. А. Сереброга**.

Владимир Георгиевич Титов родился 1 января 1947 года в г. Сретенске Читинской области. После окончания в 1970 году Черниговского высшего военного авиационного училища летчиков служил в Военно-Воздушных Силах. **В. Г. Титов** — член Коммунистической партии Советского Союза с 1971 года.

В отряд космонавтов был зачислен в 1976 году, прошел полный курс подготовки к космическим полетам на кораблях «Союз Т» и орбитальных станциях «Салют».

Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР **Геннадий Михайлович Стрекалов** родился 28 октября 1940 года в г. Мытищи Московской области. В 1965 году окончил Московское высшее техническое училище имени **Н. Э. Баумана** и начал работать в конструкторском бюро. **Г. М. Стрекалов** — член Коммунистической партии Советского Союза с 1972 года. В отряде космонавтов с 1973 года. Свой первый полет в космос

Г. М. Стрекалов совершил в 1980 году в качестве космонавта-исследователя на корабле «Союз Т-3» и орбитальной станции «Салют-6».

Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР **Александр Александрович Серебров** родился 15 февраля 1944 года в Москве. В 1967 году окончил Московский физико-технический институт. Затем в течение девяти лет занимался научной деятельностью на одной из кафедр этого института. С 1976 года кандидат технических наук **А. А. Серебров** работает в конструкторском бюро. Он — член Коммунистической партии Советского Союза с 1976 года. Свой первый космический полет совершил в августе 1982 года на корабле «Союз Т-7» и орбитальной станции «Салют-7».

21 апреля были проведены коррекции орбиты корабля с целью сближения со станцией, а также проверялась работа бортовых систем «Союза Т-8». Из-за отклонения от предусмотренного режима сближения стыковка корабля «Союз Т-8» с орбитальной станцией «Салют-7» была отменена.

22 апреля 1983 года в 17 ч 29 мин по московскому времени спускаемый аппарат корабля «Союз Т-8» совершил посадку в заданном районе, в 60 км северо-восточнее города Аркалыка.



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“
ИНДЕКС 70336
ЦЕНА 65 КОП