



Земля и Вселенная

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА ●

4/85

О созыве очередного XXVII съезда КПСС

Заслушав и обсудив доклад Генерального секретаря ЦК КПСС т. Горбачева М. С. «О созыве очередного XXVII съезда КПСС и задачах, связанных с его подготовкой и проведением», Пленум Центрального Комитета КПСС постановляет:

1. Созвать очередной XXVII съезд Коммунистической партии Советского Союза 25 февраля 1986 г.
2. Утвердить следующий порядок дня съезда:
 - 1) Отчет Центрального Комитета КПСС и задачи партии — докладчик Генеральный секретарь ЦК КПСС т. Горбачев М. С.
 - 2) Отчет Центральной ревизионной комиссии КПСС — докладчик председатель Центральной ревизионной комиссии КПСС т. Сизов Г. Ф.
 - 3) О новой редакции Программы КПСС.
 - 4) Об изменениях в Уставе КПСС.
 - 5) Об Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на перспективу до 2000 года — докладчик Председатель Совета Министров СССР т. Тихонов Н. А.
 - 6) Выборы центральных органов партии.

Из Постановления Пленума ЦК КПСС
23 апреля 1985 года

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

Земля и Вселенная

• ИЮЛЬ • АВГУСТ • 4/85



На первой странице
обложки: фрагмент ма-
кета комбинированной сол-
нечно-топливной элентро-
станции, строящейся в Уз-
бекистане (к статье Р. Б.
Ахмедова)

В номере:

Ахмедов Р. Б.— Крупномасштабная солнечная энер- гетина	2
Магницкий В. А.— Современные вертикальные движе- ния земной коры: «парадокс» больших скоростей . . .	10
Гульельми А. В.— Солитоны	15
Родионова Ж. Ф., Дехтярева К. И.— Особенности рельефа Земли, Луны, Марса и Венеры	21
Александров В. В., Стенчиков Г. Л.— Ядерная зима — вычислительный эксперимент	26
Мирошниченко Л. И.— Инфразвук в природе	31
Чурюмов К. И.— Как наблюдать комету Галлея	36
ЛЮДИ НАУКИ	
Памяти И. С. Шкловского	44
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ	
Хренов Л. С.— Пленум Центрального совета ВАГО . . .	47
Жарнов В. Н., Кондорская Н. В.— Ассамблея гео- физиков в Индии	50
Гурвиц Л. И.— Конференция молодых радиоастрономов ЭКСПЕДИЦИИ	54
Войтов В. И.— Сорок рейсов «Академика Курчатова» . .	58
ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ	
Миронов А. В.— Обсерватория на джайляу	62
ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ	
Пандул И. С., Шабаров С. Н.— Невские наводнения АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	68
Амбарцумян В. А., Соболев В. В.— На уроке — Вселенная	74
Фесенко Б. И.— Астрономическое образование и про- гресс	75
КОСМОНАВТИКА ЗА РУБЕЖОМ	
Монин С. М.— Освоение космоса и развивающиеся страны ГИПОТЕЗЫ	76
Минин И. Н.— Как расширяются планетарные туманности?	82
ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ	
Бычков А. И.— Самодельный кометоискатель	85
Хотиник Р. Л.— Ожидается «звездный дождь» Драконида Космическая филателия	86
	88
КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ	
Томанов В. П.— Кометы и происхождение жизни . . .	91
Пономарев Д. Н.— XVII выпуск «Историко-астрономиче- ских исследований»	93
Авсюк Г. А.— Книга о Иване Дмитриевиче Папанине . .	95
Структура «Северного конуса» [25]; Новые книги [35, 57, 67, 75, 90]; Новое о гамма-всплесках [49]; Белый карлик или нейтронная звезда [73]; Извержения Эль-Чичона в прошлом [73]; Сейсмиче- ская томография [87]; Новые геологические карты [94]; Солнце в январе — феврале 1985 года [96].	

Крупномасштабная солнечная энергетика

Анализ энергетической ситуации в мире показывает, что развитие энергетики в долгосрочной перспективе невозможно без освоения нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Особое место среди них занимает солнечная энергия.

НЕИССЯКАЕМЫЙ ИСТОЧНИК

Неисчерпаемые потенциальные ресурсы, экологическая чистота, сохранение термодинамического равновесия в тепловом балансе планеты — все это делает весьма заманчивым освоение нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Серьезное внимание этой проблеме уделено как в решениях XXVI съезда КПСС, так и в основных положениях Энергетической программы на длительную перспективу: «На первом этапе реализации Энергетической программы СССР намечено создать материально-техническую базу для широкого использования нетрадиционных источников энергии... На втором этапе предусмотрено приступить к активному вовлечению в энергетический баланс нетрадиционных возобновляемых источников энергии».

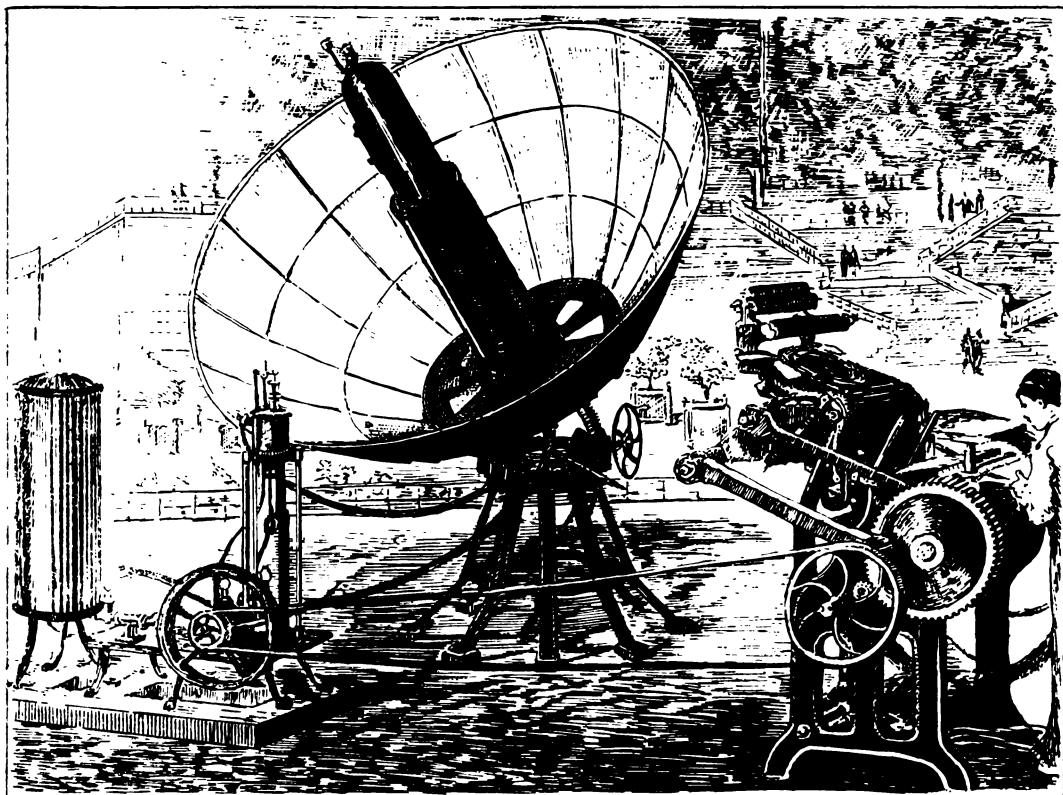
Среди возобновляемых источников энергии наиболее крупным потенциалом обладает солнечная, тепловой поток которой на границе с атмосферой достигает $5,7 \cdot 10^{24}$ Дж в год, а на поверхности Земли — $1,5 \cdot 10^{24}$ Дж в год. Это соответственно в 20 тысяч и в 5 тысяч раз превышает энергию, которую могут дать все виды топливно-энергетических ресурсов мира. Освоение всего лишь одной тысячной доли процента падающего на Землю солнечного излучения равно пятикратному увеличению современного энергопотребления.

Технически наиболее доступный путь использования солнечной энергии — это солнеч-

ное теплоснабжение. В СССР разработано более 100 проектов его систем и введено в эксплуатацию свыше 50 объектов с общей площадью коллекторов около 10 000 м². Разработаны проекты комбинированных систем отопления и горячего водоснабжения, и уже действует 25 объектов с такими системами. Испытываются также установки для солнечного хладоснабжения и кондиционирования воздуха.

Особый интерес представляет преобразование солнечной энергии в электрическую. Фотоэлектрические преобразователи весьма просты в обслуживании и обладают высокой надежностью. В СССР создано более 150 солнечных батарей с кремниевыми фотоэлементами мощностью до 1 кВт. Фотоэлектрические преобразователи нашли применение для снабжения энергией космических аппаратов. Самая крупная в мире фотоэлектрическая установка мощностью 1000 кВт создана в США. Однако удельная стоимость солнечных батарей примерно в 100 раз выше, чем обычных электростанций, а это ограничивает область их применения. И все же, например в США, за десятилетие с 1970 года по 1980 год благодаря совершенствованию технологии производства стоимость кремниевых элементов снизилась в несколько раз.

Успехи в освоении околоземного космического пространства позволяют на вполне реальной основе разрабатывать проекты солнечно-космических электростанций. Предлагается выводить на геостационарную орбиту (расстояние 35 800 км от Земли) платформы с набором панелей фотоэлектрических преобразователей или солнечных концентраторов с тепловыми двигателями. По расчетам, солнечно-космическая электростанция мощностью 10 млн. кВт будет весить около 100 тыс. т. Но конкурировать с традиционными источниками энергии на Земле она может лишь в том случае, если ее масса будет на 2 порядка, а стоимость — на 3 порядка меньше.



Солнечная силовая установка французского инженера А. Мушо, демонстрировавшаяся на Всемирной промышленной выставке в Париже в 1882 году.

Солнечные лучи, нагревая паровой котел, размещенный вдоль оси параболического концентратора, приводили в движение паровую машину. Последняя соединялась с печатным станком, на котором печатались проспекты выставки

НА «ПЕРЕКРЕСТКЕ» МНЕНИЙ

Сколь важно максимально использовать сегодня нетрадиционные возобновляемые источники энергии, хорошо понимают не только выдающиеся ученые, но и широкие круги научно-технической общественности. Еще в 1957 году крупнейший физик М. Борн заявил: «Мне представляется, что использование солнечной энергии было бы много более предпочтительным по сравнению с использованием атомных реакторов». И эти слова были сказаны в то время, когда в нашей стране уже рабо-

тала первая в мире атомная электростанция.

А вот мнения выдающихся советских ученых, высказанные в последние годы. Академик Н. Н. Семенов считает: «С учетом долгосрочной перспективы наиболее интересными представляются два источника энергии — ядерная (атомная и термоядерная) и солнечная. Широкое внедрение атомной энергии в народное хозяйство уже началось, ведется упорная работа над созданием управляемых термоядерных реакторов. Весьма значительными представляются также возможности солнечной энергии». Академик Ж. И. Алферов, многие годы работающий в области фотоэлектрического преобразования солнечной энергии, говорит, что «есть все основания полагать: при правильной расстановке сил и четкой организации работ уже к концу нынешнего столетия мы способны положить начало крупномасштабной солнечной энергетике. В следующем веке станции, преобразующие энергию Солнца в электричество, будут в полную силу служить человеку».



Общий вид 70-метровой башни солнечной электростанции СЭС-5. На башне установлен круговой парогенератор. Слева от башни — машинный зал, где находится турбогенератор

Но высказываются и иные точки зрения. По мнению академика П. Л. Капицы «ни один из предложенных до сих пор методов преобразования солнечной энергии на Земле не способен оправдать капитальные затраты на такие сооружения в интересах энергетики больших мощностей». Академик М. А. Стырикович утверждает: «Сейчас, например, во многих организациях, особенно физического профиля, усиленно разрабатываются проблемы преобразования солнечной энергии при помощи фотоэлементов... Сотни таких установок уже работают, и очень эффективно, но их

общая мощность не превышает нескольких десятков киловатт, и даже в перспективе для большой энергетики это направление мало полезно. Не эффективно экономически и крупномасштабное использование солнечной энергии при помощи концентраторов и зеркал». Академик В. А. Легасов отмечает: «Крупномасштабное использование солнечной энергии влечет за собой гигантское увеличение потребности в материалах, а следовательно, в трудовых ресурсах, которые должны заниматься добычей сырья, его обогащением, получением материалов, изготовлением гелиостатов, коллекторов и другой аппаратуры, их перевозкой... В этой проблеме, особенно если речь идет о крупномасштабном развитии солнечной энергетики, имеется ряд серьезных нерешенных вопросов как технического, так и научного характера».

Можно ли на основании подобных отрицательных суждений или сомнений сделать вывод, что проблемы крупномасштабного использования солнечной энергии неразрешимы? Думаю, что нет. Во всяком случае научно обоснованных доказательств принципиальной невозможности создания эффективных, в том числе крупномасштабных технологий использования солнечной энергии, — не существует, как нет и физических запретов для их создания. К тому же при сооружении крупных солнечных электростанций не нужно применять какие бы то ни было дефицитные и редкие материалы.

Это обычное дело, что у истоков любого нового направления в науке и технике всегда возникают противоречивые суждения. Даже знаменитый физик Э. Резерфорд, который раньше и глубже других проник в суть строения атома, однажды заявил: «Только фантасты могут мечтать о практическом применении ядерной энергии». А сегодня один за другим вступают в строй атомные энергоблоки мощностью до полутора миллиона киловатт.

СОЛНЕЧНЫЕ ТЕПЛОСИЛОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ В СССР

Основная трудность, с которой приходится сталкиваться при использовании солнечного излучения для нагрева, — это относительно низкая плотность теплового потока. На границе с атмосферой она составляет около 1360 Вт/м^2 , а у земной поверхности только в

южных районах СССР достигает 830 Вт/м^2 . Но если концентрировать солнечные лучи с помощью оптических систем, то можно нагревать любое тело до таких высоких температур, которые ограничиваются лишь свойствами конструкционных материалов. Этот способ дает возможность использовать солнечную энергию в термодинамических циклах тепловых машин.

Однако оптические системы со сложными криволинейными зеркальными поверхностями дороги в изготовлении. К тому же с увеличением диаметра зеркала затраты на его изготовление растут в геометрической прогрессии. Даже при современной технологии вряд ли целесообразно изготавливать параболические концентраторы солнечных лучей площадью более $500\text{—}600 \text{ м}^2$, единичная мощность таких установок не превышает $40\text{—}50 \text{ кВт}$. Проще в изготовлении параболоцилиндрические концентраторы, особенно из листов полированного алюминия. Но с помощью таких концентраторов нельзя нагреть рабочее тело выше 350°С .

В начале 50-х годов в Государственном научно-исследовательском энергетическом институте (ЭНИН) имени Г. М. Кржижановского АН СССР была предложена принципиально новая концепция создания солнечных электростанций башенного типа. Ученые отказались от сложных криволинейных зеркал, применявшихся раньше, и заменили их простейшими плоскими гелиостатами. Отразившиеся от гелиостатов солнечные лучи направляются на центральный приемник — солнечный парогенератор. Чтобы гелиостаты, размещенные на плоском поле, не затеняли друг друга, солнечный парогенератор установлен на высокой башне. Ориентация гелиостатов меняется в соответствии с положением солнца на небосводе, и в результате концентрированный поток отраженных от сотен зеркал солнечных лучей весь световой день обогревает солнечный парогенератор.

В Армении разработали первый в мире проект солнечной электростанции мощностью 2500 кВт , предназначенной для размещения в Араратской долине. Проект не был реализован — в конце 50-х годов в СССР открыли новые крупные месторождения нефти и газа, что отвлекло внимание от солнечной энергетики. Тем не менее советская концепция солнечной электростанции башенного типа получила мировое признание.

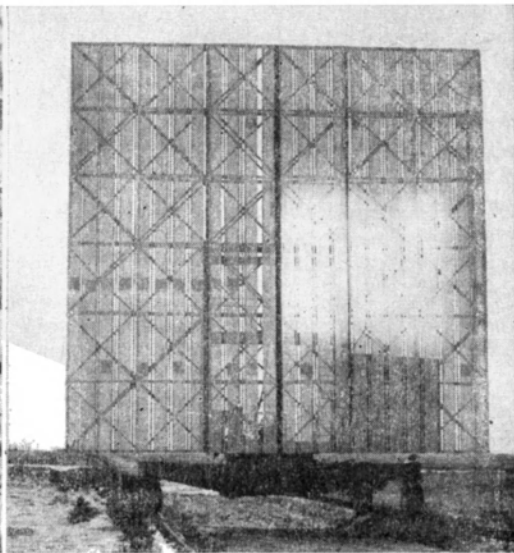
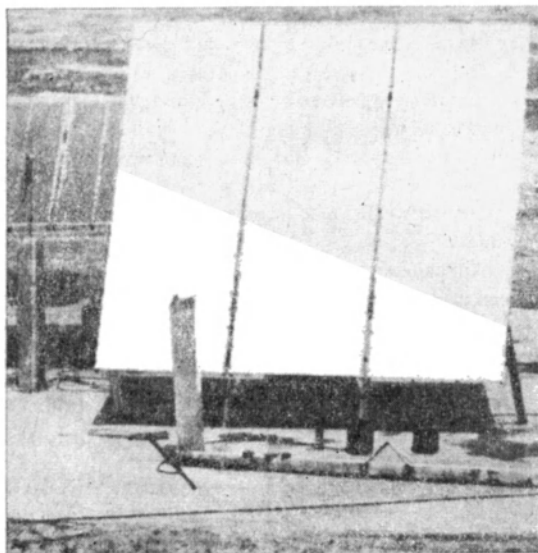
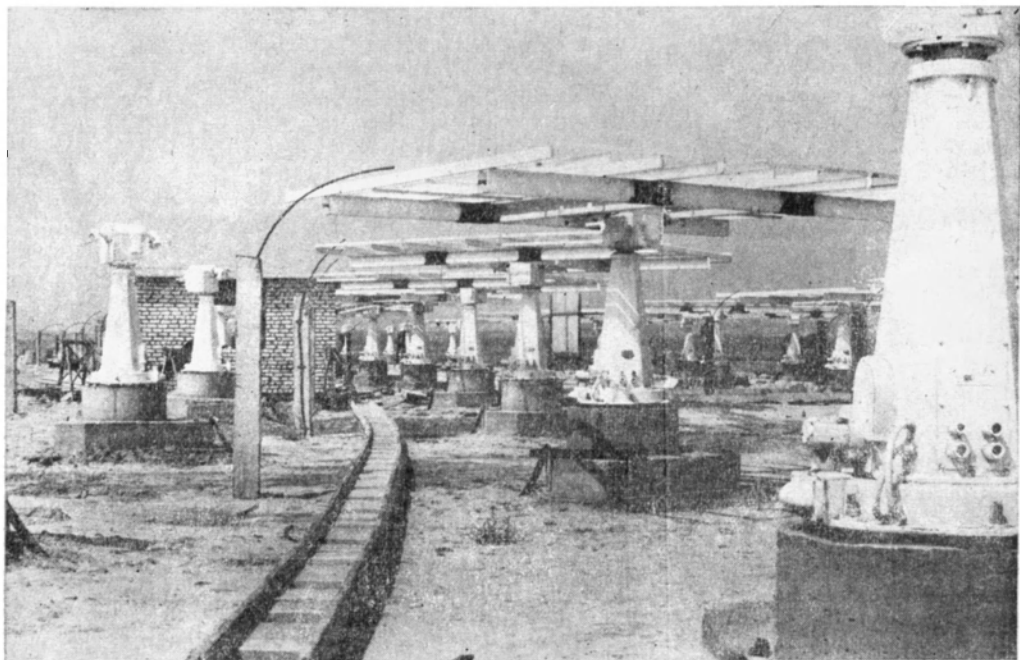
СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ

После энергетического кризиса середины 70-х годов в мире возродился интерес к освоению солнечной энергии. В последние годы солнечные электростанции башенного типа мощностью от 100 до $10\,000 \text{ кВт}$ уже построены в США, Франции, Италии, Испании и Японии.

На Керченском полуострове в поселке Щелкино заканчивается сооружение первой в СССР экспериментальной солнечной электростанции мощностью 5000 кВт (СЭС-5). Солнечный круговой парогенератор СЭС-5, установленный на башне высотой 70 м , будет нагреваться с помощью 1600 плоских зеркальных гелиостатов (площадь каждого 25 м^2). Гелиостаты оборудуются системами автоматического слежения за положением солнца на небосводе. В парогенераторе будет вырабатываться 28 т насыщенного пара в час с давлением 4 МПа (мегапаскаля) и температурой 250°С . СЭС будет работать 1920 часов в год и за это время вырабатывать более $5 \text{ млн. кВт}\cdot\text{ч}$ электроэнергии, что сэкономит до 2000 т условного топлива. Кроме выработки электроэнергии СЭС-5 будет служить крупным и уникальным полигоном, где предстоит провести комплекс натурных экспериментальных исследований и накопить информацию, необходимую для создания в будущем эффективных солнечных электростанций мощностью в сотни тысяч киловатт.

Опыт эксплуатации первых экспериментальных солнечных электростанций показал их достаточную надежность. На отдельных станциях получены показатели лучше расчетных: например в Барстоу (США) при максимальной проектной мощности $10\,000 \text{ кВт}$ на испытаниях была зарегистрирована максимальная мощность $11\,400 \text{ кВт}$.

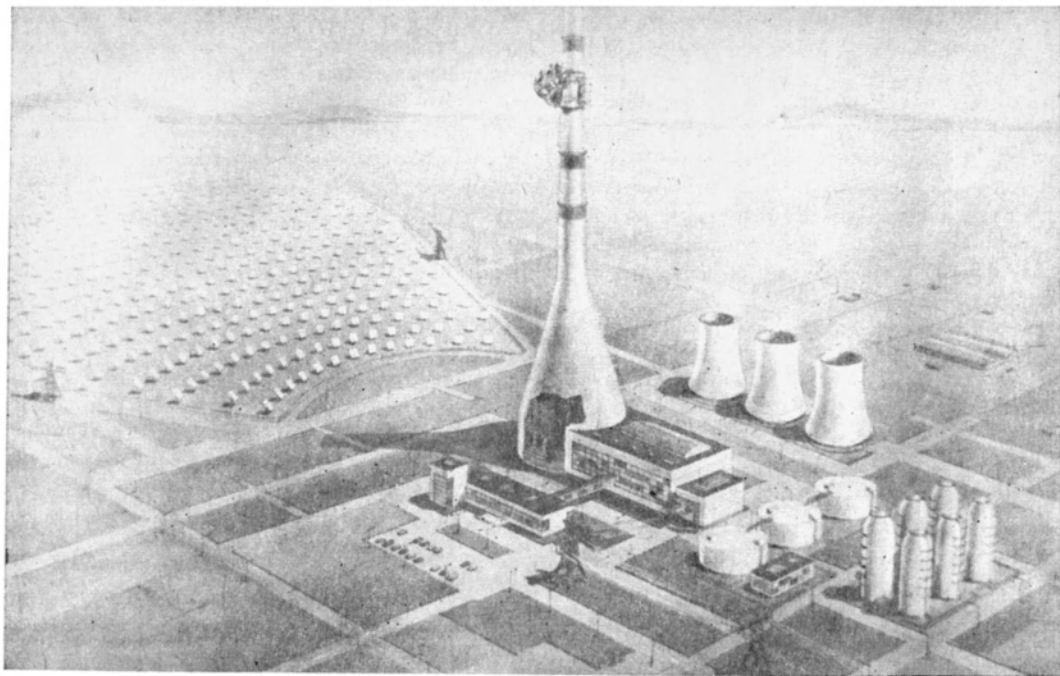
И все же первые солнечные электростанции пока еще дорого обходятся. Удельная стоимость одного киловатта установленной мощности станции в Барстоу достигает колоссальной цифры — 14 тыс. долл. Затраты на сооружение строящейся в Крыму СЭС-5 тоже велики. По проектным данным, удельная стоимость здесь составит около 6 тыс. руб/кВт . И получается: чтобы тепловые солнечные электростанции башенного типа могли конкурировать с традиционными источниками энергии, нужно снизить удельные капитальные



Фрагмент поля гелиостатов на СЭС-5.
Внизу слева — один из гелиостатов
в процессе юстировки, справа — экран
для юстировки гелиостатов

вложения примерно на порядок величины. Таким образом, на пути развития солнечной энергетики предстоит преодолеть другой барьер — экономический.

Конечно, не секрет, что первые, а тем более уникальные сооружения и установки всегда обходятся намного дороже, чем установки, выпускаемые при серийном производстве. Так было, например, и с первой в нашей стране атомной электростанцией мощностью 5000 кВт. Затраты на ее сооружение много-



Манет комбинированной солнечно-топливной электростанции, строящейся в Узбекистане. Слева — поле гелиостатов, в центре — башня, где установлен солнечный парогенератор

кратно превышали затраты на строительство аналогичной по мощности СЭС-5.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Солнечные электростанции — это, по существу, уникальные сооружения, они не строятся специализированными предприятиями и при их постройке не используются преимущества серийного производства. Здесь некий «заколдованный» круг: пока солнечные электростанции обходятся дорого, нельзя развить специализированное серийное производство оборудования, а пока не будет организовано специализированное производство — оборудование для станций будет обходиться во много раз дороже. Чтобы разорвать этот порочный круг и открыть простор для развития солнечной энергетики, необходимо выявить пути повышения экономической эффективности солнечных электростанций и «заложить» эти результаты в очередные проекты.

Опыт расчетов и технологического проектирования говорит, что такие пути есть.

В реальном проекте строящейся СЭС-5 наиболее дорогостоящая — оптическая система, и прежде всего поле гелиостатов. Но выбранное для станции круговое поле гелиостатов мало эффективно, так как в южной части солнечные лучи падают и отражаются под значительно большим углом к нормали зеркала, чем в северной. Выходит, что целесообразно выбрать наиболее эффективный северный сектор для размещения гелиостатов, увеличить до определенных пределов высоту башни — это позволяет существенно сократить размеры поля.

Оптимизация поля гелиостатов позволяет снизить капитальные вложения в оптическую систему солнечной электростанции не менее чем на 30%. Повышение качества зеркал и снижение затрат на их изготовление может дать переход на новые прогрессивные поточные технологии (флоат-процесс, напыление отражающего слоя в вакуумных камерах и магнитном поле). Весьма перспективно использование пленочных зеркал, а вместо металлических рам гелиостатов — рам из армированного железобетона или стекловолокна, а также из композиционных материалов.

Удельные затраты на изготовление гелиостатов снижаются и при увеличении размеров

последних, целесообразно изготавливать гелиостаты, у которых площадь зеркальной поверхности около 100 м^2 ($10 \times 10 \text{ м}$).

На СЭС-5 в Крыму применяется круговой солнечный парогенератор, открытый со всех сторон. В результате — большие потери тепла, конвективные и радиационные, из-за обтекания потоком воздуха и отражения тепловых лучей в окружающее пространство. При сильном ветре и пониженной температуре КПД такого парогенератора может упасть до 30%. Применение солнечного парогенератора не кругового, а полостного типа (КПД его более стабилен и достигает 80—90%) может дополнительно снизить капитальные вложения в оптическую систему солнечной электростанции не меньше чем на 20—30%. Для Крымской солнечной электростанции характерны относительно низкие параметры пара (давление 4 МПа, температура 250°C). Переход на освоенные в энергетике более высокие параметры пара может существенно повысить экономичность станции. Так, при докритических параметрах пара (13 МПа и 565°C) экономичность может быть повышена на 20% и при сверхкритических параметрах (24 МПа и 565°C) — на 25%. Система аккумулирования энергии на СЭС-5 обеспечивает работу станции в расчетном режиме не более 15 мин. Оптимизационные расчеты свидетельствуют о целесообразности использования гораздо более мощных аккумуляторов тепла, обеспечивающих регулирование в соответствии с суточным графиком нагрузки. При этом поверхность зеркал можно сократить на 30%.

Важно и правильно выбрать место размещения солнечной электростанции. Например, число часов солнечного сияния в Крыму, где строится СЭС-5, не превышает 2000 в год. А в республиках Средней Азии и Закавказья есть районы, где оно достигает 3200, то есть в полтора с лишним раза больше. Много выше в этих районах и плотность теплового потока солнечного излучения.

КОМБИНИРОВАННЫЕ СТАНЦИИ

В настоящее время, когда органическое топливо еще доступно и речь идет не о полном отказе от него, а о его всемерной экономии, есть еще один крупный резерв, позволяющий экономить топливо и радикально улучшить технико-экономические показатели

солнечных электростанций. Это комбинированные **солнечно-топливные** конденсационные и теплофикационные электростанции. Дело в том, что коэффициент использования установленной мощности (отношение фактического числа часов работы электростанции к полному числу часов в году) на солнечной электростанции не превышает 0,2—0,3; тогда как на обычных тепловых и атомных электростанциях он достигает 0,5—0,6. Коэффициент этот на комбинированных станциях может достигать 0,7—0,8. По сравнению с обычной тепловой комбинированная станция дает огромную экономию топлива. Топливо в этом случае можно использовать только для покрытия пиковых и полупиковых нагрузок, то есть не более 3000 часов в год.

Солнечно-топливная электростанция отличается высокой маневренностью мощности и позволяет выдавать энергию практически по любому графику нагрузки. На ней нет дублирования таких элементов, как машинный зал, паротурбинная установка, электрогенератор, трансформаторная подстанция, электрическое хозяйство, сети, паропроводы, что вдвое сокращает капитальные вложения и территорию для их размещения.

На комбинированной электростанции можно экономить до 50% топлива. Это позволяет эффективно использовать истощающиеся и мелкие месторождения топлива, причем срок службы таких месторождений можно удвоить.

Под научным руководством Государственного научно-исследовательского энергетического института имени Г. М. Кржижановского один из институтов в Средней Азии подготовил обоснования для сооружения крупнейшей в мире комбинированной солнечно-топливной электростанции мощностью 300 МВт на территории Узбекистана.

Теперь, когда освоение солнечной энергии принимает все большие масштабы, создание комбинированных электростанций не только утверждает солнечную электроэнергетику, но и дает выигрыш во времени — для совершенствования и удешевления оптических систем и средств автоматического управления. Накопив опыт в сооружении комбинированных станций, можно легче перейти к чисто солнечным электростанциям. Но и в этом случае из-за ограниченного времени солнечного сияния целесообразно будет **комбинировать** солнечные электростанции с гидравлическими,

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ БАШЕННОГО ТИПА

Страна и место размещения солнечной электростанции	Год постройки	Мощность, кВт
США, г. Атланта	1977	350
Франция, г. Марсель	1979	250
США, г. Альбукерке (шт. Нью-Мексико)	1980	5 000
Испания, г. Табернас (пров. Альмерия)	1980	(тепловых) 1 200
Япония, г. Нио-Таун (о-в Сикоку)	1981	1 000
Италия, г. Адрано (о-в Сицилия)	1981	1 000
Испания, г. Табернас (пров. Альмерия)	1982	500
Франция, г. Таргассон	1982	2 000
США, г. Барстоу (шт. Калифорния)	1983	10 000

гидроаккумулирующими, ветроэлектрическими, воздушноаккумулирующими или геотермальными электростанциями, а в определенных условиях и с атомными.

В последние годы во многих научных организациях проводятся исследования в области термохимического обогащения природных топлив с помощью концентрированной солнечной энергии. При этом теплоту сгорания исходных топлив можно повысить на 30—40%. Данное направление предполагается использовать для дальнейшего улучшения экономических показателей солнечно-топливных электростанций. Впервые экспериментальную проверку каталитической конверсии природного газа концентрированной солнечной энергией провел в Москве в 1983 году ЭНИН совместно с Институтом катализа СО АН СССР. Результаты подтвердили возможность практического использования этого метода.

Внутрицикловая переработка топлив в комбинированной станции может существенно повысить ее эффективность. И вместо солнечного парогенератора на башне будет устанавливаться гелиореактор. Тепло сильно нагретых продуктов термохимического разложения будет использоваться для получения электрической энергии. Охлаждаемые продукты конверсии могут накапливаться в емкости для сжигания в энергетических установках после захода Солнца и в часы пиковых нагрузок. В этом случае необходимость в аккумуляторах энергии на солнечно-топливных электростанциях полностью отпадает, что дает дополнительное снижение затрат на сооружение солнечно-топливных электростанций с термохимическим циклом.

За рубежом также продолжают интенсивные исследования в области крупномасштабной солнечной энергетики. В США в 1983 году началось строительство очередной солнечной электростанции мощностью 43 000 кВт в Южной Калифорнии. Первая очередь станции мощностью 13 000 кВт (стоимость 61 млн. долл.) должна вступить в строй в ближайшее время. Удельные капитальные вложения на ней будут уже втрое ниже, чем на станции мощностью 10 000 кВт, построенной в Барстоу в 1983 году. Вторая очередь станции мощностью 30 000 кВт должна быть введена в 1985 году. Начато проектирование СЭС башенного типа мощностью 100 000 кВт, строительство которой запланировано на 1988 год.

Как бы ни была сложна проблема создания крупных экономически эффективных солнечных электростанций, нет непреодолимых препятствий на пути ее решения. В соответствии с основными положениями Энергетической программы СССР на длительную перспективу наступила пора создания материально-технической базы для планомерного освоения неиссякаемой, экологически чистой и крупнейшей по обилию солнечной энергии.

Академик
В. А. МАГНИЦКИЙ



Современные вертикальные движения земной коры: «парадокс» больших скоростей



12 июня этого года исполнилось 70 лет выдающемуся советскому геофизику, крупнейшему специалисту по физике недр Земли академику Владимиру Александровичу Магницкому. Уже 45 лет, совмещая научную, пе-

дагогическую и научно-организационную деятельность, он развивает один из важнейших разделов советской геофизики — физику твердой Земли. Наиболее характерная и замечательная сторона его деятельности — применение точных физико-математических методов в науках о Земле, что позволило поставить созданное им геофизическое направление на строгую и прочную научную основу.

В физике недр Земли, оказавшейся на передовых позициях мировой науки, благодаря усилиям В. А. Магницкого был получен ряд фундаментальных результатов, и каждый из них открыл новое научное направление в геофизике. Среди этих направлений можно назвать аналитическую теорию зонной плавки, исследование основных закономерностей и причин современных движений земной коры, а также метод расчета температуры в земных недрах по реперным точкам, гипотезу о распадении вещества нижней мантии на окислы, уравнения состояния вещества в экстремальных условиях земных недр.

В. А. Магницкий основал научную школу, становлению и развитию которой, несомненно, способствовала его многолетняя педагогическая деятельность. В нашей стране и за рубежом хорошо известны его монографии «Основы физики Земли» и «Внутреннее строение и физика Земли».

В. А. Магницкий заведует геофизическим отделением и кафедрой физики недр Земли физического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, возглавляет отдел физики Земли и планет Института физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР. Он главный редактор научного журнала «Физика Земли» («Известия АН СССР»).

В 1971 году В. А. Магницкий был избран президентом Международной ассоциации сейсмологии и физики недр Земли. Он отдает много сил развитию международного сотрудничества в рамках ряда научных программ. В. А. Магницкий руководит сектором комиссии, координирующей геофизические исследования в социалистических странах.

В течение всей жизни нашей планеты земная кора испытывала разнообразные движения и деформации. История таких движений хотя и не полностью, часто в фрагментарном виде, но все же запечатлелась в различных геологических объектах и стала предметом изучения геологии, географии и геоморфологии. Изучение это показало, что движения чрезвычайно сложны, разнообразны и изменчивы, они связаны с другими геологическими процессами, такими, как магматические явления, метаморфизм, образование залежей полезных ископаемых (Земля и Вселенная, 1976, № 2, с. 39.—Ред.).

Однако сквозь всю сложность и разнообразие современных движений земной коры проступают их важнейшие закономерности. Они и стали своеобразной путеводной нитью при расшифровке многих сторон жизни Земли, позволяя утверждать, что по крайней мере в течение всего фанерозоя (то есть уже 570 млн. лет) движения земной коры определялись одними и теми же законами. Движения каждого этапа в известном смысле служили продолжением, развитием движений этапа предыдущего, но не были их простым повторением. Движения новейшие (с начала неогена, около 30 млн. лет назад) несут известные черты унаследованности от движений более далекого прошлого, так же как движения современные унаследовали свойства движений новейших и еще больше — четвертичных, прямым продолжением которых они и являются.

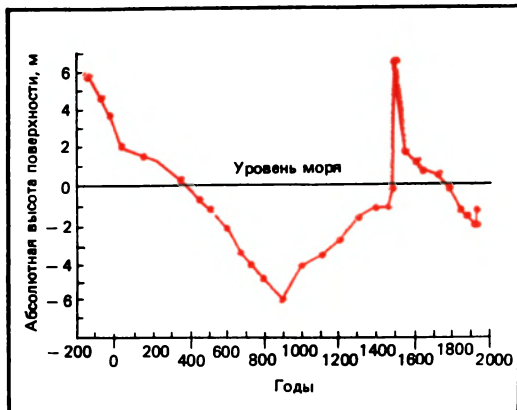
Правильное в принципе утверждение, что современные вертикальные движения земной коры управляются теми же законами, что и движения ближайшего геологического прошлого, нельзя воспринимать совершенно безоговорочно. Ведь современные движения и движения прошлых эпох изучают различными методами, с различной разрешающей способностью, и потому многие детали движений современных не проявляются или почти не проявляются в геологических материалах, по которым изучают движения более древние. Например, вертикальные колебательные движения с амплитудой в метры и несколько десятков метров великолепно улавливаются инструментальными методами. Но эти же движения почти совсем не отражаются в геологической летописи, если только изучаемый участок при таком движении случайно не перейдет через достаточно заметную фациальную

границу. Таким образом, хотя все виды наблюдаемых сейчас современных вертикальных движений земной коры существовали и в прошлом, но далеко не все они оставили свои следы.

Как показывают исследования, спектр современных вертикальных движений сложен, но в нем почти нет длиннопериодных составляющих с малыми скоростями, столь характерных для движений прошлого. Это не значит, конечно, что такие движения в настоящее время отсутствуют, просто их невозможно уловить. В самом деле, вертикальные движения изучаются, как правило, по данным последовательных нивелировок. Промежутки времени между такими нивелировками сейчас редко превышают 50 лет. При скорости вертикального движения 0,01 мм/год (скорость, характерная для многих древних движений) это даст смещение по высоте в 0,5 мм! Такая величина (или даже в 10 раз большая) будет отнесена либо к ошибкам нивелирования, либо действию каких-либо приповерхностных факторов.

Мы подошли к очень важной особенности современных вертикальных движений земной коры. Фактически наблюдаются смещения не земной коры, а точек земной поверхности (или близких к поверхности). А это совсем не одно и то же. Смещения точек земной поверхности, помимо движений земной коры, могут вызываться и другими факторами — гидрогеологическими, гидротермальными, техногенными, изменением атмосферного давления. Однако техногенный фактор легко исключается, либо районы, где он ярко выражен, просто считаются непригодными для изучения вертикальных движений. Сезонные колебания температуры и связанные с ними промерзание и выпучивание грунта могут быть достаточно большими и влиять на наблюдения. Но сами работы ведутся так, чтобы возможно полнее исключить такие воздействия.

Наиболее опасен гидрогеологический фактор — изменение уровней подземных вод, не связанное с техногенными причинами. Дело в том, что сама по себе гидрогеологическая обстановка и ее изменения во времени изучены еще очень слабо. Принято считать, что изменения уровня подземных вод содержат квазипериодическую часть и направленную составляющую. С этой точки зрения территория европейской части СССР распадается на регионы с периодами изменения гидрогеоло-



Вертикальные движения земной коры в вулканической области «Флегрейские поля» близ Неаполя. Период движений составляет около 2000 лет

гического режима от 2—4 до 25 лет. Чаше всего периоды эти малы по сравнению с интервалами между проведенными нивелировками и потому вряд ли могут оказать существенное влияние. Да и сами смещения, в зависимости от условий, обычно составляют 1/300—1/500 от изменения уровня вод. О незначительности гидрогеологического фактора говорит и то, что области разного проявления современных вертикальных движений, как правило, не совпадают с различными типами гидрогеологических регионов. Что касается направленного (векового) хода изменения гидрогеологической обстановки, то он почти не исследован. Однако едва ли он меняется от региона к региону именно так, как это требуется для объяснений вертикальных движений. Да и само его численное значение, видимо, весьма мало, иначе этот вековой ход был давно обнаружен.

Таким образом, можно считать, что величины скоростей вертикальных движений, получаемые из повторных нивелировок и мареографических наблюдений, в основном соответствуют действительности. Но все же надо сделать оговорки. Гидрогеологический фактор, видимо, иногда играет существенную роль, иначе трудно объяснить некоторые расхождения в данных повторных нивелировок. Остается еще открытым вопрос о влиянии ошибок нивелирования и способов сведения различных нивелирных сетей. Здесь очень настораживает нередко наблюдаемое расхождение на картах

скоростей современных вертикальных движений земной коры, построенных разными способами. Следовательно, можно говорить об использовании карт, составленных лишь для небольших территорий, где еще «не успевают» сильно повлиять ошибки нивелировок и их увязок.

К настоящему времени наиболее полно современные вертикальные движения земной коры изучены на европейской части СССР. Аналогов таких исследований по площади охваченной территории в других странах нет. Этот уникальный материал позволил советским ученым понять основные закономерности вертикальных движений. Самая интересная особенность — необычно высокие скорости этих движений в ряде регионов. Нередко они составляют 3—5, а иногда доходят до 10 мм/год. Амплитуда движений, что следует из равнинного характера территории, не превосходит нескольких сотен метров. Между тем легко подсчитать: при скорости 5 мм/год за один только четвертичный период (несколько миллионов лет) на равнине европейской части СССР должны были образоваться горы 5-километровой высоты или впадины такой же глубины. Но ничего подобного на Русской равнине нет.

«Парадокс» высоких скоростей современных вертикальных движений на первый взгляд объясняется просто. Известно, что скорости современных вертикальных движений определяются так: смещение точки земной поверхности по высоте делится на время между двумя последовательными измерениями. Однако таким путем получается не истинная скорость движений в данный момент, а средняя за интервал времени. Естественно ожидать, что если скорость (истинная) не постоянна, а со временем, быть может, даже меняет знак, то средняя скорость будет тем меньше, чем больше интервал осреднения. Исследования, которые выполнили сотрудники Института физики Земли АН СССР М. В. Гзовский и А. А. Никонов, проведенные на фактическом материале, полностью подтвердили это (Земля и Вселенная, 1977, № 3, с. 26.— Ред.). Оказалось: средняя скорость, вычисленная из нивелировок с осреднением в десятки лет, уменьшается в 10 раз при переходе к интервалу осреднения в миллионы лет (весь четвертичный период). Когда интервал осреднения увеличивается до десятков миллионов лет, сред-

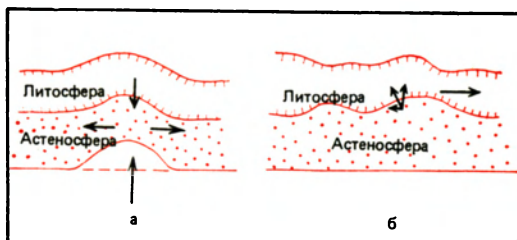
ная скорость падает до сотых долей миллиметра в год и далее остается примерно того же порядка.

Допустим, что скорость, получаемая из нивелировок, близка к истинной в данный момент. Тогда, чтобы средняя скорость за миллион лет была в 10 раз меньше, необходимо, чтобы она меняла свой знак не реже одного раза в 100 тыс. лет. Известен лишь один пример такого колебательного движения земной поверхности: изучением древних римских колонн на берегу Неаполитанского залива в Пуццуоли установлен период, с которым изменяется знак скорости вертикальных движений, это примерно 2000 лет. Территория там очень подвижная, она расположена вблизи вулканически активного района. В спокойных регионах периоды могут быть и существенно больше.

Такое объяснение «парадокса» высоких скоростей вертикальных движений только кажется простым. На самом деле очень не просто придумать физический или физико-химический механизм частой смены направления вертикальных движений. К тому же частая смена знака движений не согласуется с унаследованным характером от движений предыдущего этапа (например, новейших движений). При такой смене знака вместо унаследованности была бы хаотическая картина: современные движения накладывались бы на предыдущие случайным образом.

Другое объяснение «парадокса» следующее. Движения носят прерывистый характер: на фоне очень медленных — со скоростью в сотые доли миллиметра в год — время от времени происходят кратковременные «вспышки» движений с высокой скоростью. Изменение знака движения в этом случае не обязательно. По аналогии с предыдущим объяснением здесь также требуется, чтобы суммарная продолжительность всех «вспышек» быстрых движений составляла не более 100 тыс. лет. При таком объяснении не возникает видимого противоречия с унаследованным характером движений на большей части территории и неизбежен вывод: настоящее время — время одной из «вспышек» быстрых движений. Вывод не противоречит и данным геоморфологии.

Остается неясным, какой физический процесс может вызвать вертикальные движения земной коры. Вероятно, их создают многие процессы. Те движения, которые мы наблюдаем,



Возникновение современных вертикальных движений земной коры. а — схема передачи движения от подошвы астеносферы к ее кровле.

Отток вещества в астеносфере в стороны от поднятия «развязывает» движения литосферы и подошвы астеносферы. б — схема возникновения вертикальных движений литосферы при ее горизонтальном перемещении относительно подошвы астеносферы. «Расклинивающий» эффект астеносферы на неровностях подошвы литосферы создает вертикальные силы

даем, скорее всего результат наложения многих движений, и каждое имеет свою причину. Особенно ярко это проявляется, если построить график зависимости средней скорости от интервала осреднения. Он наглядно показывает, что длиннопериодные низкоскоростные движения земной коры имеют иную природу, чем высокоскоростные.

Есть все основания предполагать, что и в современных вертикальных движениях земной коры проявляются одновременно движения разной природы. Не говоря уже об экзогенных факторах, упомянутых ранее, или о движениях приливного происхождения, под действием которых поверхность Земли в средних широтах опускается и поднимается дважды в сутки почти на 60 см. Движения эти периодичны и не сказываются заметно на результатах нивелирования, тем более что на них довольно легко вносить поправки. Но даже движения, вызываемые глубинными процессами, неоднородны по своему происхождению. Хорошо известны движения, порождаемые стремлением к восстановлению изостатического равновесия, нарушенного какими-либо нагрузками. Закономерности и механизм таких современных вертикальных движений в областях недавних оледенений Фенноскандии и прилегающих к ней районов или в Канаде достаточно хорошо изучены.

Особую группу образуют движения, связанные с подготовкой землетрясений и их прямым проявлением. Теория упругой отдачи позволяет подойти к их оценке, но движения эти совсем не характерны для областей, подобных Русской равнине. Здесь можно отметить для ряда районов движения, связанные с перетеканием содержащихся в осадочном чехле высокопластических толщ (отложения соли, гипса). Но такие движения далеко не повсеместны; хотя их роль до последнего времени, возможно, недооценивалась. Эти процессы вызывают резкое увеличение скорости вертикальных движений и их градиентов по границам блоков земной коры, сопрягающихся по разломам. Смещения в горизонтальном направлении отдельных «этажей» земной коры по внутренним поверхностям раздела, если они имеют не горизонтальный, а сложный рельеф, также должны привести к вертикальным смещениям, повторяющим рельеф границы раздела. Хотя унаследованность движений и соблюдается, для наблюдателя на поверхности Земли этот принцип будет казаться нарушенным. Вопрос этот пока совершенно не исследован.

Мы остановимся только на двух возможных механизмах, которые могут создавать современные вертикальные движения земной коры на платформах с равнинным рельефом. Оба связаны с астеносферой — слоем в десятки километров, лежащим на глубине около 100 км (Земля и Вселенная, 1978, № 5, с. 36.—Ред.). Астеносфера имеет пониженную вязкость (повышенную текучесть) в области медленно протекающих процессов. Часто говорят, что под платформами нет астеносферного слоя. И ссылаются при этом на отсутствие повышенной электропроводности или слоя с пониженными скоростями сейсмических волн на данных глубинах. То есть отождествляют слой астеносферы с упомянутыми слоями пониженных скоростей сейсмических волн и повышенной электропроводности. Однако слои эти определяют по наблюдениям высокочастотных процессов, в то время как вязкость и современные вертикальные движения земной коры связаны с низкочастотными процессами, которые на много порядков отличаются, например, от частот сейсмических волн. Так что такое сопоставление неправомерно, по существу для каждого диапазона частот существует своя механическая модель Земли.

Соблюдение на Земле условий, близких к состоянию изостатического равновесия, бесспорно доказывает способность вещества Земли к перетеканию для достаточно длиннопериодных явлений.

Первый механизм, объясняющий современные вертикальные движения, предполагает, что на нижней границе астеносферы должно происходить вертикальное смещение, хотя и монотонное, но все же меняющее свою скорость. Можно показать, что присутствие слоя астеносферы приводит к тому, что на поверхности Земли появляются колебательные движения (с изменением знака). Таким образом, первичное глубинное движение знака не меняет, что снимает трудность, связанную с высокой тепловой инерцией слоев Земли. Суть явления состоит в том, что поднимающиеся под давлением снизу слои литосферы вытесняют часть вещества астеносферы в горизонтальном направлении — в стороны. Слои поднимаются с постоянной первичной скоростью, и довольно скоро устанавливается динамическое равновесие, так что поднятие поверхности Земли прекратится (хотя подошва астеносферы продолжает подниматься). Устанавливается своеобразная динамическая изостазия, и чтобы вновь вызвать движение земной поверхности, необходимо изменить скорость первичного движения. Если оно замедлится, на поверхности Земли появится опускание, если ускорится — поднятие. Следовательно, скорость вертикальных движений земной коры зависит не от скорости первичного движения, а от его ускорений. Исчезает «парадокс» высоких скоростей, но остается проблема унаследованности движений. Так как унаследованность соблюдается далеко не везде и не всегда, то рассмотренный механизм, вероятно, применим в ряде случаев.

Другой механизм современных вертикальных движений. Предполагается, что литосфера (и земная кора) смещается в горизонтальном направлении относительно подошвы астеносферы. В данном случае не важно, что именно движется — литосфера или подошва астеносферы, значение имеет лишь их относительное смещение. При таком движении астеносфера играет роль смазочного слоя. Если поверхность подошвы литосферы неровная, или неровная нижняя граница астеносферы, или обе границы неровные, то зазор между кровлей и подошвой астеносферы будет ме-



Солитоны

Эти необычные волны, по своим свойствам напоминающие частицы, впервые наблюдались 150 лет назад на поверхности воды в канале. В различных модификациях они широко распространены в природе. Их поиск среди многообразия колебаний электромагнитного поля Земли составляет одну из задач космической геофизики.

Термин «солитон» (от англ. solitary — уединенный) появился в наши дни в связи с одним замечательным открытием в теории дифференциальных уравнений математической физики. Само же явление, обозначаемое этим словом, известно давно, не говоря уже о том,

что в природе солитоны существуют испокон веков.

В свое время идея о существовании особого типа волн на воде, не похожих на известные ранее, с трудом утвердилась в науке, и казалось, ей суждено было занять скромное место в монографиях и учебниках по гидродинамике. Более ста лет потребовалось для того, чтобы она получила мощное, почти ни с чем не сравнимое развитие. Здесь сыграли роль и быстродействующие ЭВМ, и математический гений, и остроактуальная проблематика физики плазмы, твердого тела, элементарных частиц, и многое другое. В последние годы число публикаций, посвященных солитонам, нарастает лавинообразно. Именами мно-

няться от точки к точке. И при горизонтальном движении литосферы возникнет хорошо известный «расклинивающий» эффект смазочного слоя (в нашем случае — астеносферы). На наклонных участках границы литосфера — астеносфера появятся вертикальные силы, которые вызовут вертикальные смещения литосферы, а следовательно, и вертикальные движения земной поверхности. Величина силы, направленной по вертикали, зависит от скорости горизонтального движения и от наклона подошвы литосферы. При постоянной скорости горизонтального движения очень скоро устанавливается, как и в предыдущем случае, динамическое равновесие (динамическая изостазия), и вертикальные движения прекратятся. Для того, чтобы они появились вновь, необходимо изменение скорости горизонтального смещения, нарушающее динамическое равновесие. Таким образом, в рассматриваемом механизме скорость вертикальных движений земной коры определяется не скоростью первичного (горизонтального) движения, а его ускорениями.

Унаследованность движений в этом случае получается автоматически, так как наклонные участки подошвы литосферы остаются на своих местах, а если и смещаются, то крайне медленно, даже в геологических масштабах времени. Этот механизм может создать и движения колебательного характера, и «вспышки» быстрых движений на фоне медленных.

Очевидно, что вопрос о закономерностях и причинах современных движений земной коры весьма сложен, он только начинает изучаться. То немногое, что уже сделано, не обещает легких решений хотя бы потому, что современные движения земной коры — результат наложения многих движений разного происхождения. Однако потребности науки и практики требуют развития работ в данном направлении. Человечество переходит к сооружению объектов, рассчитанных на очень длительное использование, и в ряде случаев даже медленные — «вековые» — движения земной коры могут привести к нежелательным последствиям.

гих выдающихся исследователей прошлого и наших современников названы критерии, преобразования, уравнения теории солитонов.

Бесполезно даже пытаться в короткой статье рассказать о солитонах сколько-нибудь подробно. Это попросту невозможно из-за обилия приложений (солитон многолик!), а также вследствие исключительной сложности математического аппарата теории солитонов. В данной статье мы попробуем с помощью наглядных примеров и наводящих соображений дать представление о солитонах вообще и рассказать о поиске солитонов в околоземном космическом пространстве.

НЕЛИНЕЙНОСТЬ И ДИСПЕРСИЯ

Каждый, кто был у моря, знает, что когда волна набегаёт на берег, её передний фронт становится круче и круче. Это одно из проявлений нелинейности волнового движения. **Нелинейность**, или зависимость скорости распространения от амплитуды, приводит к тому, что различные участки профиля волны движутся с разной скоростью. Поэтому фронт волны и становится круче по мере её распространения в тех случаях, когда амплитуда волны настолько велика, что эффект нелинейности превышает линейные эффекты — затухание и расплывание волны.

Затухание связано с переходом энергии упорядоченного волнового движения в тепло — хаотическое движение молекул среды. Во многих случаях затухание мало и им можно пренебречь. Более того, в природе встречаются такие среды (их называют активными), в которых волны не затухают, а усиливаются! Мы поговорим об этом в дальнейшем.

Следующее рассуждение поможет нам понять, как возникает расплывание волн. Представим себе строго периодическую волну. Пусть её амплитуда настолько мала, что можно полностью пренебречь эффектом нелинейности. Оказывается, что от длины волны (расстояние между смежными гребнями, или впадинами) зависит скорость её распространения. Эта зависимость, называемая **дисперсией**, в той или иной мере свойственна волнам любой природы, распространяющимся в материальной среде.

Реальный волновой процесс никогда не бывает строго периодичным: в природе мы наблюдаем волны в виде **импульсов**, или **волно-**

вых пакетов. Однако мысленно можно представить, что импульс состоит из набора периодических волн различной длины. Этот набор называют спектром, а диапазон длин волн, составляющих импульс, — шириной спектра. Из сказанного ясно, что по мере распространения импульс расплывается. В самом деле, из-за дисперсии периодические волны различной длины, из которых состоит импульс, распространяются с разной скоростью. Сколь бы ни было мало это различие, импульс с течением времени «растягивается», занимая все больший и больший объем пространства.

Механизмы дисперсии и нелинейности действуют «в разные стороны». Если амплитуда волны мала, то преобладает дисперсия и волна расплывается. Если же амплитуда велика, то преобладает нелинейность, фронт волны становится круче и энергия волнового возмущения концентрируется во все меньшем и меньшем объеме. В обоих случаях по мере распространения профиль волны деформируется.

А что, если амплитуда станет такой, при которой эффект нелинейности будет в точности равен эффекту дисперсии? Тогда образуется солитон — уединенная волна, распространяющаяся в нелинейной диспергирующей среде без деформации благодаря тому, что нелинейное укручение профиля волны скомпенсировано дисперсионным расплыванием.

ОТКРЫТИЕ, ЗАБВЕНИЕ И ВОЗРОЖДЕНИЕ

Впервые солитон был обнаружен в конце лета 1834 года. Его увидел 26-летний преподаватель Эдинбургского университета Дж. С. Расселл, неутомимый и предприимчивый исследователь волновых процессов. Много позднее он писал: «Это самое прекрасное и необычное явление; день, когда я впервые увидел его, был лучшим днем моей жизни. Никому никогда не посчастливилось наблюдать его раньше».

Что же поразило Расселла? Предоставим слово ему самому. «Однажды я наблюдал движение баржи, которую быстро тянула по узкому каналу пара лошадей. Внезапно баржа остановилась — баржа, но не масса воды, увлеченная ее движением. Вода собралась у носа судна, сильно забурлила, а затем вдруг оторвалась от него и покатила вперед с большой скоростью, принимая форму одиночного ярко выраженного возвышения — глад-

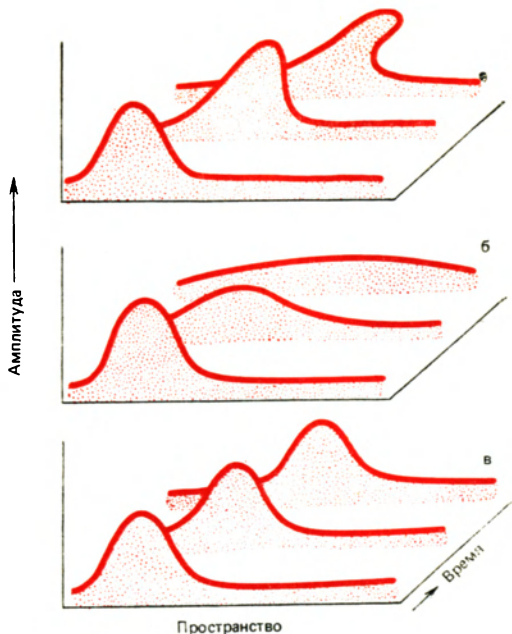
кого и округлого, которое продолжало двигаться вдоль канала без видимых изменений формы и не уменьшая скорости. Я последовал за ним верхом, и когда нагнал его, он по-прежнему катился вперед... сохранив свой первоначальный профиль...»

Да, именно это удивило исследователя больше всего: волна распространялась «без видимых изменений формы». Ведь он ожидал, что волна либо медленно расплывается, либо станет настолько крутой, что покроется барашками пены и с шумом обрушится вниз. Но произошло нечто иное. Обе тенденции — дисперсионное расплывание и нелинейное укрупнение профиля — чудесным образом сбалансировались, и возник солитон.

Характерна тематика работ Расселла, посвященных приложению идеи солитона, — это кораблестроение, метеорология, космология. (Как тут не вспомнить Архимеда, который использовал геометрические идеи и в теории равновесия рычагов, и при подсчете числа частиц во Вселенной!) Ощутимого успеха Расселл добился лишь в кораблестроении, проектировал корпуса судов так, чтобы предельно уменьшить сопротивление, вызываемое носовыми волнами типа солитонов. Но широта его поисков свидетельствует о том, что он предвидел выдающееся значение своего открытия.

Современники отнюдь не разделяли энтузиазма Расселла. Многие сомневались в корректности его наблюдений. Только в конце века было выведено нелинейное уравнение движения воды в мелком бассейне, и одно из бесконечного множества его решений описывало солитон Расселла. Сомнения рассеялись, но... Одна из бесчисленных возможностей — представляет ли она серьезный интерес? И солитон был забыт надолго.

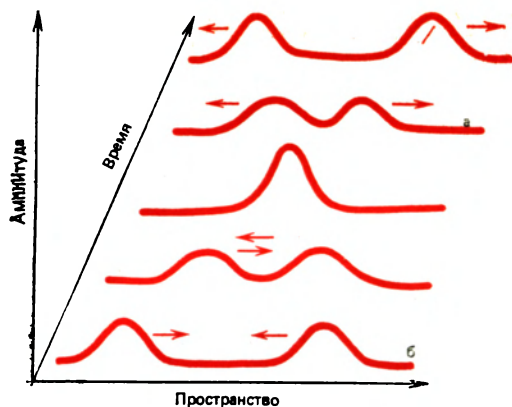
Вскоре после окончания второй мировой войны появились цифровые ЭВМ, позволяющие моделировать сложные физические процессы. На одной из таких машин работал Э. Ферми с сотрудниками, изучая колебания цепочки связанных друг с другом нелинейных осцилляторов. (Модель эта имитирует кристаллическую решетку твердого тела.) Ожидалось, что если задать некоторое начальное возмущение, то его энергия сравнительно быстро распределится между хаотическими колебаниями отдельных осцилляторов. Но ничего подобного не произошло. В середине



Распространение волн различных типов: а — нелинейная волна в недиспергирующей среде становится по мере распространения все круче и круче; б — линейная волна в диспергирующей среде расплывается; в — нелинейная волна в диспергирующей среде может принять форму солитона и распространяться без изменения своего вида

60-х годов, уже после смерти Ферми, в ходе дальнейших экспериментов на ЭВМ выяснилось, что великий физик наблюдал рождение солитонов.

После этого солитоны стали обнаруживать буквально всюду. Представлением об уединенных волнах обогатились не только гидродинамика и физика твердого тела. Оно вошло в физику плазмы, нелинейную оптику, метеорологию, нейробиологию. Сфера приложений идеи о солитоне, включая разнообразные технические приложения, продолжает расширяться. И главное, принципиально изменилось представление о солитоне. Стало понятно: это не случайное, редко встречающееся образование на воде, или даже в других средах — плазме, стекле, нервном волокне... Напротив, из солитонов, если можно так выразиться, «состоит» широкий класс начальных возмуще-



Взаимодействие двух солитонов.

а — они идут навстречу друг другу;
б — после взаимодействия оба восстанавливают свой первоначальный вид и расходятся в разные стороны

ний нелинейной диспергирующей среды, причем в ходе эволюции каждое возмущение этого класса распадается на совокупность солитонов, длительное время сохраняющих свою индивидуальность.

И наконец, несколько слов еще об одном замечательном открытии. Физика солитонов породила изящную и в высшей степени оригинальную математическую конструкцию — **метод обратной задачи рассеяния**. Этим методом получены все наиболее глубокие результаты теории солитонов.

УДИВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СОЛИТОНОВ

Мы приступаем к самой сложной части рассказа. Трудно вызвать удивление, говоря об обыденных вещах. Например, что может быть проще способности сохранять форму? А ведь речь пойдет об этом и подобных свойствах солитонов. Но эта кажущаяся простота скорее действие привычки. Изучение солитонов позволило проникнуть «за кулисы» природы и хотя бы отчасти понять секрет ее простоты.

Однако что такое простота? Здесь не может быть двух мнений: просто то, что симметрично. Физик настойчиво ищет симметрии, поскольку опыт исследований подсказывает ему, что природа устроена просто. Ведь до сих пор рано или поздно законы природы удавалось связывать с симметриями. Напри-

мер, закон сохранения энергии и закон инерции вытекают из свойств симметрий времени и пространства. То же относится и к закону сохранения электрического заряда, хотя симметрия здесь менее наглядна.

Но вернемся в мир солитонов. Когда метод обратной задачи рассеяния применили к уравнению солитонов, оказалось, что из него вытекает бесчисленное множество законов сохранения! Этот результат, конечно, удивителен. Он свидетельствует о богатейшей внутренней симметрии природы. Что же сохраняется в мире солитонов? О сохранении формы профиля в процессе распространения этих волн мы уже говорили. Но вот что оказалось совершенно неожиданным: после столкновения двух или даже большего числа солитонов они **восстанавливают тот вид, который имели до столкновения**. Другими словами, солитоны взаимодействуют друг с другом наподобие частиц. Далее, **сохраняется общее число взаимодействующих солитонов**. Наконец, укажем еще на одно свойство солитонов. Хотя они могут иметь разную амплитуду и разную ширину, **произведение амплитуды на ширину совершенно одинаково для всех солитонов данного конкретного типа**.

КАК ИСКАТЬ СОЛИТОНЫ?

Известно, что Землю окружает магнитосфера — область, где движение космической плазмы контролируется геомагнитным полем (Земля и Вселенная, 1979, № 4, с. 37.—Ред.). Магнитосфера заполнена волнами, и наибольшая энергия этих волн приходится на диапазон периодов от одной секунды до нескольких минут — это **геомагнитные пульсации**. Они постоянно регистрируются на космических аппаратах, а также на земной поверхности, куда пульсации доходят, проникнув сквозь толщу атмосферы. Известно около двух десятков типов геомагнитных пульсаций, отличающихся друг от друга спектральным составом, локализацией, временем появления. Вполне возможно, что среди геомагнитных пульсаций встречаются солитоны. Это следует из общих представлений о механизмах возбуждения и распространения пульсаций, об этом говорят и некоторые соображения эмпирического характера. Например, отдельные типы пульсаций довольно стабильны по форме, что ско-

рее свойственно солитонам, чем линейным волнам.

Здесь нужно сделать небольшое отступление. До сих пор мы не акцентировали внимания читателя на двух разновидностях солитонов — одиночных импульсах и волновых пакетах. У первых специфическую колоколообразную форму имеет само возмущение среды, а у вторых такую же форму имеет огибающая амплитуды колебаний среды. Другими словами, в отличие от импульса у волнового пакета не один временной масштаб, а два: быстрые колебания (так называемое высокочастотное заполнение) и медленная модуляция амплитуды этих колебаний. И когда мы говорим о стабильности формы геомагнитных пульсаций, то имеем в виду форму амплитудной модуляции, поскольку пульсации почти всегда выглядят как волновые пакеты с высокочастотным заполнением.

Чтобы судить об устойчивости формы волнового пакета, нужно достаточно долго наблюдать его эволюцию во времени. В магнитосфере пакет распространяется со скоростью примерно 500 км/с и всего за три минуты проходит путь, равный линейным размерам магнитосферы (около 100 тыс. км). Организовать одновременные наблюдения вдоль трассы такой длины невозможно. Впрочем, известен один тип волновых пакетов (о них мы расскажем позднее), которые пробегают длинный путь, но многократно возвращаются в исходную точку. Наблюдая в этой точке последовательные приходы пакета, можно судить о стабильности его формы.

Таким образом, критерий поиска магнитосферных солитонов, основанный на анализе эволюции формы волнового пакета, в общем неэффективен. Но солитоны обладают и другими свойствами, резко отличающими их от линейных волн. Например, если у линейного волнового пакета амплитуда и ширина — два независимых параметра, то у солитона это отнюдь не так. Мы уже знаем, что произведение амплитуды на ширину у него всегда равно одной и той же величине и независимым оказывается только один параметр. То есть чем больше амплитуда солитона, тем меньше его ширина, и наоборот.

Рациональное применение данного критерия может дать несложную и вполне определенную стратегию исследования. Конечно, нечего и думать о применении критерия к от-

дельным волновым пакетам. Рассматривать следует не индивидуальные события, а семейство, объединенное общностью признаков.

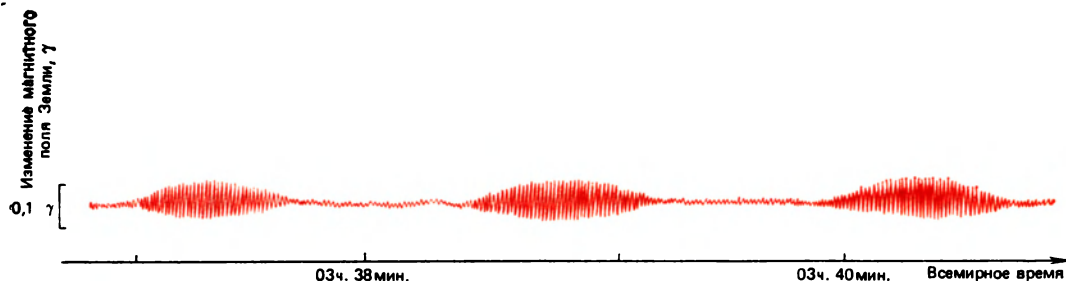
АВТОСОЛИТОНЫ В МАГНИТОСФЕРЕ

Геомагнитные пульсации особого типа, о которых упоминалось в предыдущем разделе, называют «жемчужинами». Магнитограмма таких пульсаций немного напоминает нитку жемчуга: волновые пакеты почти одинаковой формы следуют друг за другом в строго периодической последовательности. Повторяются они примерно через 2 мин, а частота заполнения составляет около 1 Гц.

При рассмотрении магнитограммы какой-то одной обсерватории может показаться, что в пункт наблюдения приходит целая вереница волновых пакетов — иногда до ста и более. На самом деле это всего лишь один пакет! Он распространяется в магнитосферной плазме вдоль силовой линии геомагнитного поля, достигает Земли, отражается, движется обратно, снова достигает Земли, но уже в противоположном полушарии, и опять отражается. Поскольку процесс повторяется многократно, возникает иллюзия множественности пакетов.

В теории плазмы хорошо известны волны, распространяющиеся вдоль магнитного поля — альвеновские волны. Их существование теоретически предсказал шведский ученый Х. Альвен, исходя из представления о «замороженности» силовых линий магнитного поля в плазму. Геомагнитные данные свидетельствуют о том, что волновой пакет, наблюдаемый в виде серии «жемчужин», сформирован из альвеновских волн. «Жемчужины» иногда непрерывно наблюдаются в течение нескольких часов. За это время волновой пакет проходит путь в миллионы километров и тем не менее в общих чертах сохраняет свою индивидуальность. Хотя и распространяется в сильно диспергирующей среде. Этим своим свойством пакет альвеновских волн сильно напоминает солитон.

Но он не только напоминает — он и есть солитон. Вспомним, что по описанию Рассела солитон на воде возник под действием внешней причины («внезапно баржа остановилась»). Это не удивительно. Ведь вода — пассивная среда, и если бы не было внешнего воздействия, то поверхность канала оста-



«Жемчужины» — особый вид геомагнитных пульсаций, наблюдающихся в виде вереницы волновых пакетов. Пульсации зарегистрированы на обсерватории Борок 16 ноября 1968 года

валась бы все время спокойной. В противоположность этому магнитосферная плазма — среда активная. В ней спонтанно, без воздействия извне, зарождаются и усиливаются волновые пакеты. Их амплитуды быстро растут, и в игру неизбежно вступает нелинейность среды. Ход дальнейшей эволюции пакетов пока что не совсем ясен. Вероятно, дисперсия компенсируется. Но возможно, что под действием волн модифицируются усиливающие свойства среды. В любом случае процесс заканчивается рождением альвеновского авто-солитона, который на магнитограмме выглядит как серия «жемчужин». (Приставка «авто» подчеркивает спонтанность возникновения солитона.)

ПРЕДВИДЕНИЕ РАССЕЛЛА

Наш рассказ о мире солитонов подходит к концу. Давайте еще раз обратимся к далекому прошлому и проследим за судьбой трех идей Расселла от момента зарождения до наших дней.

Читатель уже знает, что Расселл сразу увидел возможность практического применения своего открытия и реализовал ее при проектировании корпусов кораблей. Эта идея затем постоянно использовалась в судостроении. Долгое время других применений у солитонов не было. Новые возможности для инженерных приложений появились после того, как были обнаружены оптические, плазменные и другие солитоны. Выяснилось, что солитоны можно использовать для уменьшения искажений при передаче сигналов по информационным каналам. Линейные волны, которые обыч-

но используются для передачи сообщений, расплываются в диспергирующей среде, а значит, теряется информация. Солитоны, как мы уже знаем, не расплываются и потому информацию передают точнее и полнее.

Вторая идея Расселла относится к физике атмосферы. Он попытался оценить толщину атмосферы, исходя из представления о солитонной природе акустических волн. С современных позиций это представление ошибочно, но сама мысль о существовании солитонов в атмосфере оказалась пророческой. Только здесь солитоны — не звуковые волны, а вихревые течения типа антициклонов. Не исключено, что одним из таких солитонов является Великое Красное пятно в атмосфере Юпитера.

И наконец, Расселл попытался оценить размеры Вселенной. Рассуждения его современному просвещенному читателю показались бы наивными, и тем не менее в чем-то Расселл был прав. Ведь он исходил из того, что природа приоткрыла ему, быть может, одну из самых сокровенных тайн и что солитоны — это своего рода «кирпичи мироздания». Здесь нам придется коснуться темы, которую пока мы не решались затрагивать. Речь идет о солитонах в квантовой теории поля, то есть в теории элементарных частиц. Да, они проникли и сюда. Именно в этой области наука о солитонах достигла наивысшего расцвета. Аналогия между солитоном и частицей, подмеченная еще Расселлом, здесь проявилась ярче и глубже всего.

Теперь понятно, что попытка Расселла оценить размер Вселенной, хотя и обреченная на неудачу, не была все же совсем беспочвенной. В основе ее лежала манящая идея о связи между микро- и макромиром. До сих пор продолжают поиски соответствия между свойствами элементарных частиц и структурой Вселенной в целом. Но это уже тема другого рассказа.



Особенности рельефа Земли, Луны, Марса и Венеры

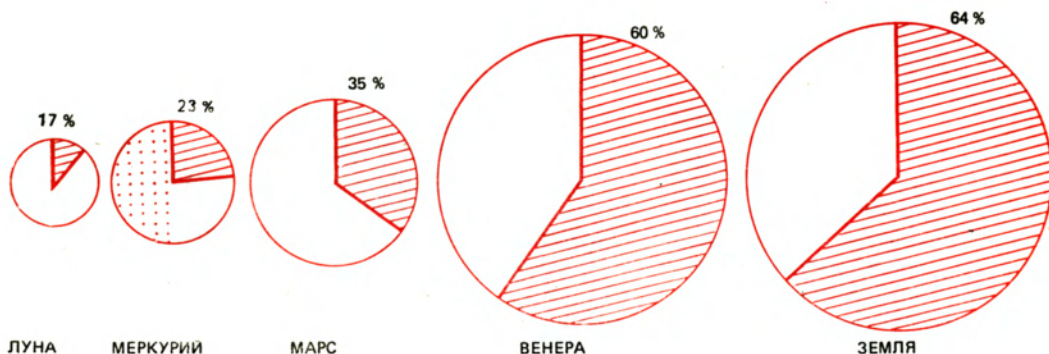
Оказывается, можно сравнивать рельеф поверхности таких не похожих друг на друга небесных тел, как Земля, Луна, Марс и Венера, если привести их высоты к определенному уровню отсчета.

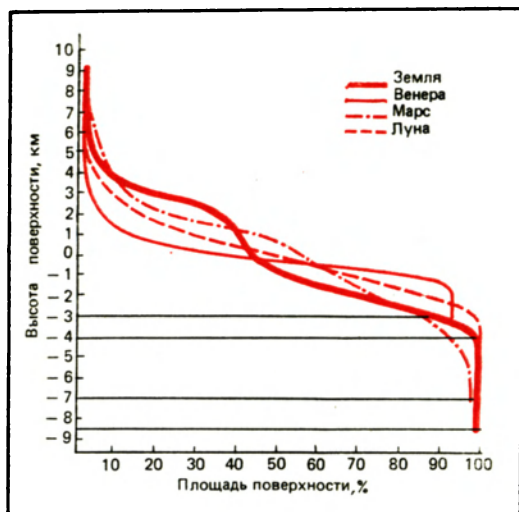
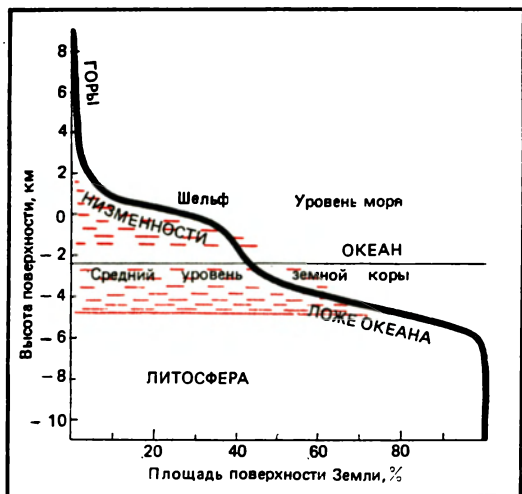
Подробная, хорошо составленная карта позволяет получить информацию не только о координатах и размерах отдельных природных образований на поверхности, но и дает возможность понять особенности развития и выявить пространственные взаимосвязи этих образований. Подобными вопросами занимается раздел картографии, называемый **картометрией**. Картометрические исследования позволяют, например, выявить интересную закономерность: чем больше радиус небесного тела, тем больше на его поверхности крупных депрессий, устланных базальтами.

Естественно, что карты рельефа Земли, Луны, Марса и Венеры построены с разной степенью подробности (о рельефе Меркурия пока нет достаточных данных). Обычно высота рельефа на картах отсчитывается от некоторого условно выбранного уровня. На Земле — это средний уровень Мирового океана, на Марсе — уровень, соответствующий среднему

давлению углекислого газа (6,1 мбар), на Венере — сфера радиусом 6051 км, на Луне — сфера радиусом 1737,5 км (иногда радиус принимают равным 1738,0 км). Очевидно, для того, чтобы выявить особенности рельефа различных небесных тел, необходимо привести все высоты к **единому уровню отсчета**, например к среднему уровню поверхности небесного тела. Что же это за уровень? Если мысленно сгладить поверхность планеты, сложив все горы и возвышенности во впадины, то получим **средний уровень поверхности**. Наиболее точные вычисления среднего уровня получают с помощью **гипсографической кривой**. Чтобы построить такую кривую, измеряют площади, занятые образованиями, имеющими различные интервалы высот. Пусть мы решили построить гипсографическую кривую для Земли с интервалом высот в 1 км. На карте измеряем площади, занятые высотами

Диаграмма, показывающая какая часть поверхности Луны и планет занята крупными депрессиями, устланными базальтами. На Меркурии точками отмечена поверхность, не сфотографированная космическими аппаратами





Вверху: гипсографическая кривая Земли. Средний уровень земной поверхности составляет $-2,4$ км. Внизу: гипсографические кривые Луны и планет, построенные относительно среднего уровня поверхности каждого небесного тела

от 9 до 8 км, затем от 8 до 7 км и так далее, до самых глубоких впадин. По вертикальной оси откладываем высоты через 1 км, а по горизонтальной — площади, занятые определенными интервалами высот и глубин. Впервые гипсографическую кривую для Земли построил французский геолог А. Лаппаран в 1883 году,

потом она неоднократно перестраивалась, поскольку данные о рельефе суши и морского дна постоянно уточнялись.

Гипсографическая кривая нашей планеты показывает, что очень высокие горы и глубокие впадины на поверхности Земли занимают всего около 1%. Самые большие площади заняты дном океанов — 39%, и несколько меньшие — низменностями суши — 21%. Гипсографическая кривая имеет перегиб в области континентального склона (от $-0,2$ до -4 км). Склон занимает меньшую площадь, чем соседние с ним низменности суши и океаническое дно. Средний уровень поверхности, вычисленный с помощью этой кривой, составляет $-2,4$ км. Можно определить также среднюю высоту суши — $+0,9$ км и среднюю глубину Мирового океана — $-3,8$ км.

Гипсографические кривые Марса, Венеры и Луны построены с использованием современных карт рельефа этих небесных тел. Оказалось, что средний уровень поверхности Марса находится на 2,1 км выше принятого в настоящее время уровня отсчета. Средний радиус поверхности Венеры равен 6051,4 км; а средний радиус Луны составляет 1737,5 км (как это принято на карте, построенной американскими учеными Б. Билзом и А. Феррари). Данные о рельефе Луны и планет пока еще не очень точны. Так, например, есть неопределенность в рельефе южной полярной области Марса. Поэтому гипсографическая кривая Марса построена без учета полярных шапок. Гипсографическая кривая Венеры построена тоже только лишь для 94% поверхности. Как известно, станции «Венера-15 и -16» завершили съемку северной полярной области, не исследованной ранее. Измерения высот рельефа с этих станций проведены с большей точностью, чем с космического аппарата «Пионер-Венера» (США). В скором времени появятся карты рельефа и этой области Венеры.

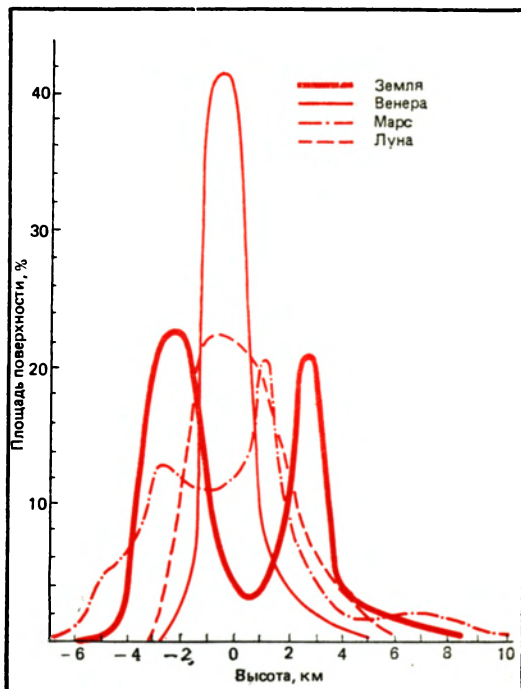
Гипсографические кривые позволяют получить различные количественные характеристики. Например, можно определить, какая часть поверхности расположена выше среднего уровня, какая — ниже. Оказывается, что на Венере выше среднего уровня находится 40% поверхности, на Земле — 43%, на Луне — 47%, на Марсе — 53% всей исследованной поверхности. По мере уточнения карт рельефа Луны, Марса и Венеры эти значения, по-видимому,

несколько изменятся, а пока можно сказать, что перепад высот на Венере и Луне составляет около 14 км, на Земле — 20 км, на Марсе — 30 км.

Гипсографическая кривая Венеры проходит через ту же точку, что и кривые Луны и Марса. Это означает: на всех трех небесных телах 60% всей поверхности расположено выше одного и того же уровня (от 0 до —1 км). Гипсографическая кривая Земли проходит левее этой точки пересечения. Возможно, наличие воды на Земле сыграло существенную роль в распределении высот и глубин, соответствующих континентальному склону на Земле. По данным русского географа конца прошлого века А. Тилло масса воды в океанах равна массе материков над уровнем Мирового океана.

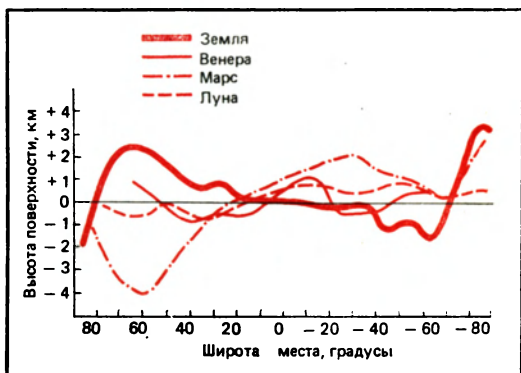
Что касается характера гипсографических кривых, то для Луны и Венеры они довольно плавны, а на кривых Земли и Марса имеются перегибы. Немецкий геофизик А. Вегенер указывал, что гипсографическая кривая Земли отражает наличие двух преобладающих уровней высот, соответствующих перепадам различной плотности: легких блоков, состоящих из гранитов (плотность 2,8 г/см³), и тяжелых блоков, сложенных базальтами (плотность 3,3 г/см³). На графике частоты распределения площадей, занятых отдельными интервалами высот, для Земли и Марса мы видим несколько максимумов, а для Луны и Венеры — только один. Таким образом, планеты с периодом вращения около земных суток (Земля, Марс) имеют на кривой распределения высот несколько вершин, а Луна и Венера с периодами вращения соответственно в 27 и 243 суток — одну вершину. Возможно, это случайное совпадение.

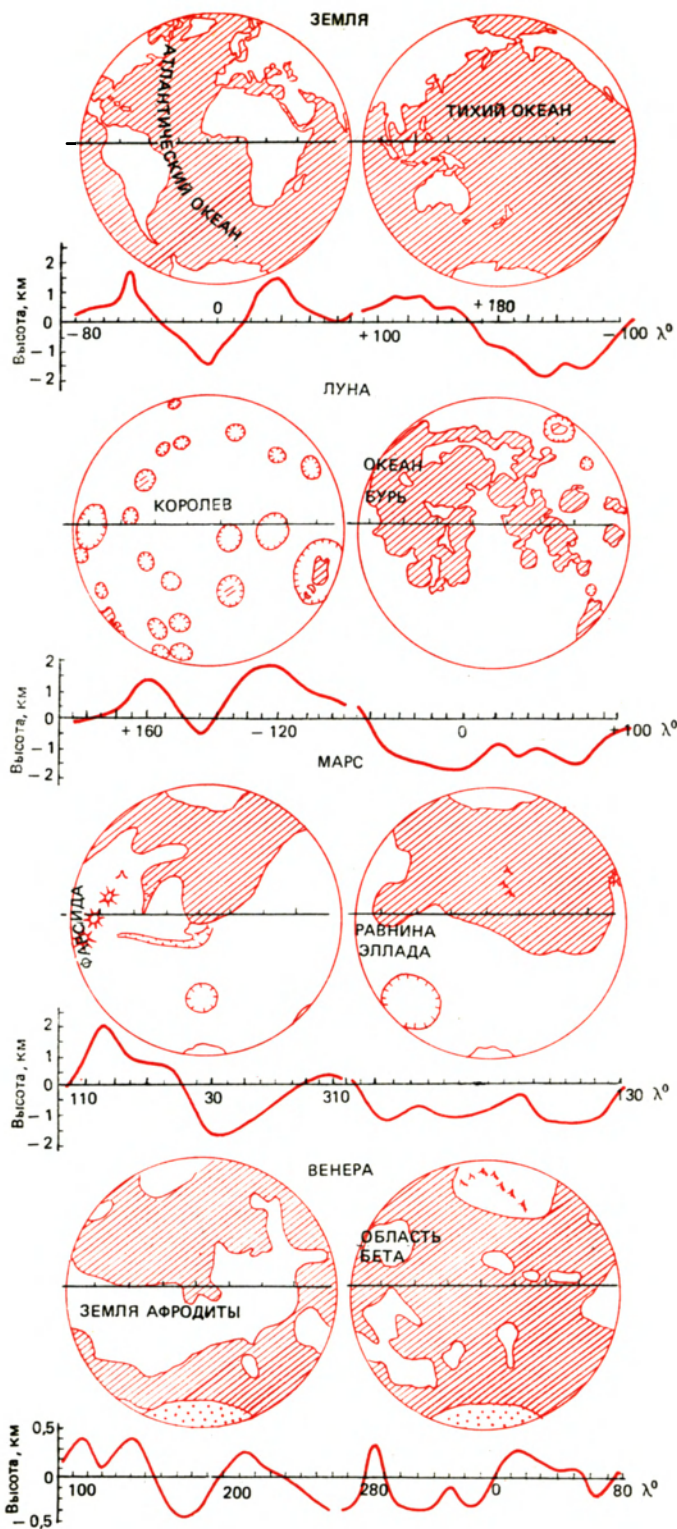
По картам, отражающим количественные характеристики рельефа (то есть имеющим горизонтали), можно вычислить средние высоты любых областей, а затем определить, как распределяются средние высоты по широтам и долготам. Анализ распределения средних высот в поясах шириной 10° выявляет следующие характерные особенности: на Луне и Марсе в северном полушарии широтные пояса лежат ниже среднего уровня, а в южном — выше. На Венере четко выражены два возвышенных пояса: от 0 до —20° и второй — в высоких широтах северного полушария. Для Земли распределение средних высот таково:



Графики частоты встречаемости высот и глубин для Земли, Венеры, Марса и Луны. За начало отсчета высот принят средний уровень поверхности

Распределение средних высот десятиградусных широтных поясов относительно среднего уровня всей поверхности





Долготное распределение средних высот относительно среднего уровня поверхности Луны и планет.

Вертикальный масштаб для графина Венеры увеличен более чем в 3 раза

в северном полушарии высоты положительные (за исключением полярной области), а в южном — отрицательны, причем максимум приходится на пояс $+70^\circ$ — $+60^\circ$. В этом же поясе наблюдается максимум для Венеры и минимум для Марса и Луны; характерно также, что около семидесятой параллели южной широты все графики пересекаются на среднем уровне каждого тела. В отличие от Луны, Венеры и Марса приэкваториальная зона Земли ($+20^\circ$ — -20°) находится практически на высоте среднего уровня всей планеты, а по краям этой зоны на широтах $\pm 30^\circ$ на графиках наблюдаются небольшие симметричные пики. Что самые высокие горы находятся в районах 30° северной и 30° южной широты заметил еще немецкий географ А. Пенк в конце прошлого века. В северном полушарии поверхность Земли преимущественно континентальная, а в южном — океаническая. С. В. Калесник (СССР) объяснил этот факт тем, что в умеренных зонах северного полушария господствуют восходящие движения литосферы, а в умеренных зонах южного — преобладают нисходящие. Причем вертикальные движения литосферы умеренных широт компенсируются в полярных областях север-

ного полушария опусканием ее, а в полярных областях южного — поднятием. Границы этих компенсационных движений совпадают с семидесятью параллелями.

Несомненно, эрозионные процессы, широко распространенные на Земле, изменили первоначальный рельеф поверхности нашей планеты. Тем не менее, сравнивая рельеф Луны, Марса и Венеры с земным, мы считаем, что глобальные особенности рельефа, выявляемые с помощью таких величин, как средние высоты крупных регионов, вполне сопоставимы. Подтверждением этому может служить распределение средних высот долготных десятиградусных поясов. Сейчас принято: на Земле нулевой меридиан проходит через Гринвичскую обсерваторию, на Луне — это центр видимого полушария, на Марсе за начало отсчета долгот принят небольшой кратер Эри 0, а на Венере центральный меридиан проведен через кратер Ева. Поскольку нулевые меридианы выбраны условно, то мы можем для сравнения графиков сдвигать начало отсчета как угодно. Удобно совместив начало отсчета, мы видим, что на Луне, Земле и Марсе перепады высот в одной части более контрастны, чем в дру-

гой. На обратной стороне Луны, например, перепады средних высот в долготном направлении более резкие, чем на видимой. Крупная депрессия на обратной стороне в районе 180° меридиана впервые была обнаружена по снимкам АМС «Зонд-6» и затем подтверждена данными, полученными с помощью космического корабля «Аполлон». На Земле, в том ее сегменте, где находится Атлантический океан, перепады высот более контрастны, чем в остальной части. На Марсе более резкие перепады наблюдаются в полушарии, где расположены поднятие Фарсида, долина Маринер, равнины Аргир и Ацидальной. На Венере выявить такую закономерность не удается. К тому же перепады средних высот в долготных десятиградусных поясах на Венере очень незначительны.

В связи с закономерностями и отличительными особенностями, выявленными при картометрическом анализе, возникают новые вопросы о причинах, вызвавших такой характер распределения высот на Луне и планетах земной группы.

Структура «Северного конуса»



В настоящее время ученые разных стран исследуют распределение в пространстве богатых галактиками скоплений, находящихся от нас не далее 275 Мпк и расположенных в северной галактической полушаре под углом ~35° к плоскости Галактики. В нашей стране эта область интенсивно изучалась в течение последних четырех лет с помощью 6-метрового телескопа САО АН СССР по программе «Северный конус».

Болгарские ученые М. Калинин, К. Ставрев и И. Канева исследовали пространственное распределение ближайших к нам скоплений галактик и выделили среди них системы более высокого порядка — сверхскопления. Ранее поиск и исследование таких гигантских образований проводились лишь по данным

о положении скоплений галактик в проекции на небесную сферу. В последние годы с помощью крупных телескопов удалось измерить красное смещение (а значит получить и расстояние) для большого числа галактик. Это позволило нескольким группам исследователей, в том числе и болгарским астрономам, проанализировать трехмерную пространственную структуру окружающей нас области Вселенной.

По данным болгарских ученых, в исследуемой области находится 138 скоплений, богатых галактиками. Средняя пространственная плотность скоплений — одно скопление на 135 тыс. Мпк³ (а среднее расстояние между соседними

скоплениями — 50 Мпк). Анализ полученной информации с помощью ЭВМ показал, что скопления распределены в пространстве очень неоднородно. Например, встречаются двойные скопления, находящиеся друг от друга на расстоянии 2—5 Мпк. Найдено 12 сверхскоплений с радиусами от 10 до 20 Мпк, содержащих по 3—7 «богатых» скоплений. Пространственная плотность этих гигантских образований в 10—100 раз выше, чем средняя плотность по исследуемому объему. Как правило, плотность галактик в сверхскоплениях в 25—30 раз превосходит плотность галактик вне сверхскоплений. Таким образом, это вполне обособленные структуры, существование которых свидетельствует о значительной неоднородности Вселенной на масштабах в десятки и даже сотни мегапарсек.

Астрономический циркуляр,
1984, 1340, 4

Кандидат физико-математических наук
В. В. АЛЕКСАНДРОВ
Кандидат физико-математических наук
Г. Л. СТЕНЧИКОВ



Ядерная зима — вычислительный эксперимент

Читателям нашего журнала уже знакомы оценки возможных крупномасштабных изменений воздушной среды, которые могут произойти в результате ядерного конфликта [Земля и Вселенная, 1983, № 6]. В этом номере мы знакомим читателей с еще одним из возможных подходов к исследованиям климатических последствий ядерной войны. В Вычислительном центре Академии наук СССР проведены расчеты глобальных и региональных климатических сдвигов в результате возмущения свойств климатической системы, вызванных мощными ядерными взрывами и пожарами. Оказывается, что даже в случае локального конфликта метеорологические и климатические изменения будут катастрофическими на огромных территориях земного шара.

Эти данные — новое серьезное предупреждение тем, кто пытается внушить людям мысль об относительной безопасности ядерного удара. Авторы публикуемой статьи неоднократно докладывали результаты своих расчетов на различных форумах в нашей стране, в США, Италии, Ватикане, Финляндии.

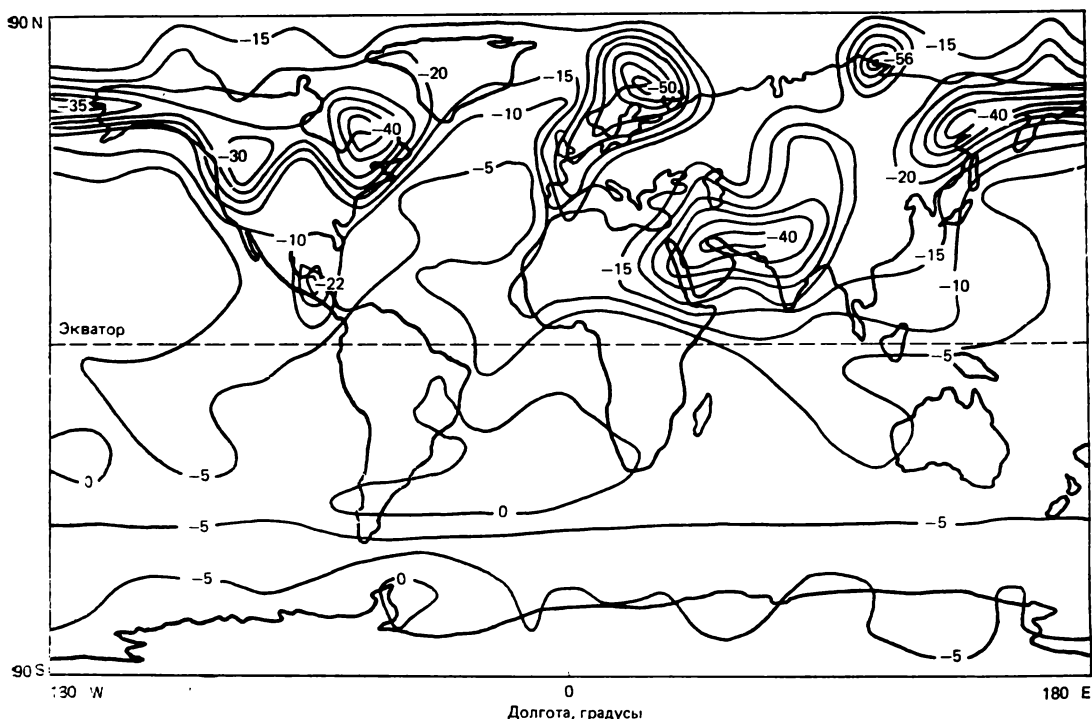
В настоящее время становится все яснее, что геофизические последствия ядерной войны будут значительно сильнее прямого воздействия ядерного оружия. В ужасном списке геофизических последствий первое место занимают метеорологические и климатические последствия — катастрофическое изменение свойств окружающей среды, — которые начнутся через несколько дней после ядерного конфликта и охватят весь земной шар на срок до нескольких лет вне зависимости от деталей сценария ядерной войны, который определяется суммарной мощностью и локализацией взрывов.

С начала семидесятых годов в Вычислительном центре АН СССР проводятся работы по оценке воздействия человека на биосферу и климат Земли. Стратегия исследований предполагает систематическое и фундаментальное изучение глобальных процессов в природе и человеческом обществе и базируется на создании математических моделей, описывающих

основные процессы — климатические, биосферные, экономические.

Гидродинамическая модель климата Земли, реализованная в ВЦ АН СССР на ЭВМ БЭСМ 6, включает модель общей циркуляции атмосферы на географической сетке и термодинамическую модель океана с параметризованной структурой верхнего деятельного слоя. В модели учитывается реальная география и рельеф суши. Крупномасштабные движения воздушных масс возникают в результате неоднородного нагрева воздуха. Источники и стоки энергии формируются за счет солнечной и тепловой радиации, фазовых переходов воды и переноса тепла ветрами. Поглощение излучения в воздухе определяется оптическими свойствами атмосферы, которые зависят от химического состава, запыленности и термодинамического состояния воздуха, наличия облаков, распределение и тип которых получаются в ходе решения задачи.

Модель рассчитана на описание крупно-

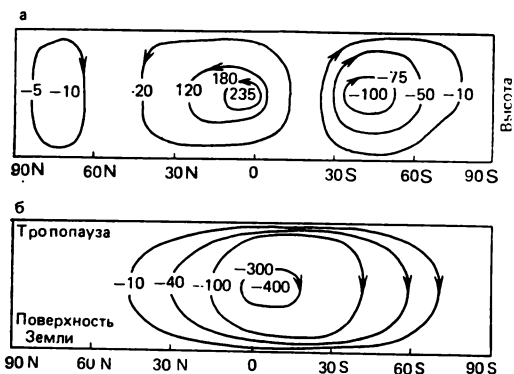


масштабных глобальных и региональных климатических сдвигов. С помощью этой модели проведено исследование климатических последствий увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере, эффектов аэрозольного загрязнения и вариации солнечной постоянной. Здесь мы хотим обсудить результаты исследований чувствительности среднегодового климатического режима общей циркуляции атмосферы и океана к внезапному, исключительно сильному долговременному изменению оптических свойств воздуха в коротковолновой части спектра. Эти изменения могут быть вызваны загрязнением атмосферы пылью во время ядерной бомбежки и сажей, которая выделится при пожарах городов, промышленных комплексов, лесов и т. д. Заметим, что мощные пожары, получившие название «огненное торнадо», могут быть вызваны и обычным оружием, как об этом свидетельствуют разрушительные бомбардировки Гамбурга и Дрездена в конце второй мировой войны. При пожарах огромное количество сажеобразных частиц выбрасывается в высокие слои

Падение температуры воздуха у поверхности Земли на сороковые сутки после ядерного конфликта со взрывами суммарной мощностью 10 000 Мт. Цифры на изолиниях показывают, на сколько градусов в данном месте упала температура воздуха. Расчеты сделаны в Вычислительном центре АН СССР авторами статьи

атмосферы, где они могут долго существовать, приводя к интенсивному поглощению солнечного излучения.

В расчетах предполагалось, что атмосфера затемняется равномерно севернее 12 с. ш. Это допущение оправдано, так как механизм общей циркуляции атмосферы за несколько недель размещает грязь, по крайней мере, по всему Северному полушарию, которое будет основным театром военных действий, если таковые однажды начнутся. Величина и зависимость от времени замутненности воздуха выбирались в соответствии с оценками количества сажи и грязи, выбрасываемых в атмосферу при заданной суммарной мощности



Изолинии
среднезонального массового
потока воздуха в 10^6 т/с
до начала конфликта (а)
и на 90-е сутки после ядерного взрыва
суммарной мощностью 10 000 Мт (б).
Вместо двух симметричных ячеек
циркуляции Северного
и Южного полушарий возникает одна
обширная межполюсферная ячейка,
за счет которой пыль и сажа
будут интенсивно переноситься
в Южное полушарие. Учет этого процесса
приведет к дополнительному сильному
падению температуры воздуха
в Южном полушарии. Расчеты выполнены
в Вычислительном центре АН СССР
авторами статьи

взрывов и скорости самоочищения атмосферы.

Главным климатическим эффектом будет резкое, исключительно сильное и длительное охлаждение воздуха над континентами. Падение температуры будет вызвано сильным загрязнением атмосферы. Плотный и устойчивый слой пыли и сажи почти полностью прекратит доступ солнечного света и тепла к поверхности Земли. Расчеты показали, что спустя сорок суток температура воздуха на северо-западе США упадет более чем на 30°C ниже ее обычного уровня, на северо-востоке США — более чем на 40°C , над Аляской — на 35°C , над Европой — на 50°C , над Камчаткой — на 40°C . Похолодание затронет не только средние широты, но и тропический пояс и Южное полушарие. Например, падение температуры на юге Азии достигнет 40°C , а в Центральной Америке — 22°C . В действительности похолодание в тропиках и в Южном полушарии окажется, вероятно, гораздо сильнее, чем это следует из расчетов.

Известно, что в земной атмосфере существуют две главные ячейки циркуляции воздуха, так что воздушные массы обоих полушарий

динамически изолированы друг от друга. Но если атмосфера Северного полушария в результате ядерных взрывов сильно загрязнится, то возникнет температурный контраст между полушариями. Расчеты показывают, что при этом неизбежно начнется перестройка циркуляции воздушных масс. Новый вид циркуляции будет представлять собой не две, а одну гигантскую устойчивую ячейку циркуляции, переносащую воздух из Северного полушария в Южное. Южное полушарие, таким образом, начнет активно загрязняться сажой и пылью, что повлечет за собой немедленное охлаждение воздуха над его континентами. В сделанных авторами расчетах перенос загрязнения не учитывался. А если его учесть, то падение температуры в тропиках и Южном полушарии будет гораздо больше.

Согласно расчетам авторов, характерное время, за которое перестраивается циркуляция атмосферы, — порядка одного месяца. Американский исследователь С. Шнайдер сообщил, что по расчетам Национального центра атмосферных исследований (Боулдер, Колорадо, США) перенос загрязнения из Северного полушария в Южное должен начаться раньше, так как отдельные струи воздуха начнут прорываться в Южное полушарие уже через неделю после ядерного конфликта.

Все эти результаты показывают: после ядерного конфликта загрязнение атмосферы не ограничится Северным полушарием. Через несколько недель начнется интенсивный перенос ядерной грязи в Южное полушарие. В итоге охлаждение воздуха в тропиках и в Южном полушарии окажется почти таким же, как и в Северном.

Загрязненная атмосфера в целом будет нагреваться сильнее, чем теперь, поскольку сильно возрастет температура верхних слоев атмосферы (до 100°C и выше) — тепло будет задерживаться устойчивым слоем пыли и сажи. Температура воздуха будет монотонно увеличиваться от аномально низкой у поверхности суши до аномально высокой на уровне тропопавзы (8—12 км), а это означает, что исчезнет тропосфера — нижний слой атмосферы, где температура падает с высотой. Атмосфера станет сверхустойчивой. Вертикальная конвекция и, следовательно, вертикальный перенос водяного пара будут сильно подавлены. В результате коренным образом изменится гидрологический цикл атмосферы: над континента-

Океан, в силу его колоссальной термической инерции, начнет охлаждаться медленнее. Расчеты показывают, что через 10 месяцев температура его поверхности в среднем упадет всего лишь на $1,2^{\circ}\text{C}$, а, следовательно, воздух над океаном охладится на несколько градусов, но этого недостаточно, чтобы на несколько месяцев образовался **густой туман**. Вдоль морских побережий из-за огромного температурного контраста между остывшей сушей и медленно остывающим океаном возникнут **жестокие ураганы**, которые неизбежно будут сопровождаться колоссальным притоком влаги (в виде снега) в широкую прибрежную полосу. А это означает, что независимо от времени года на Земле установится длительная **ядерная зима**. Внутри континентов прекратятся осадки, уничтожится урожай сельскохозяйственных культур, а домашние живот-

Повышение температуры верхней атмосферы Земли приведет к сильному разогреванию высоких горных массивов. Расчеты показывают, что температура воздуха, например, над Тибетом через 6 месяцев после начала ядерного конфликта поднимется на 20°C . В результате перестроится гидрологический режим горных ледников и снегов, они начнут интенсивно таять, и, как следствие, наводнения могут охватить целые континенты.

**Падение температуры воздуха
у поверхности Земли, осредненное
за первые десять суток
после ядерных взрывов
суммарной мощностью 100 Мт.
Расчеты выполнены в Вычислительном центре
АН СССР авторами статьи**



брежные воды нельзя будет использовать, как это было раньше, из-за жестоких штормов, тьмы, токсических газов, сползающих с континентов, разрушенного рыболовного флота и поражения рыбы радиоактивным излучением.

Современные модели общей циркуляции атмосферы использовались и для расчета распространения радиоактивных осадков, возникающих в различных «сценариях» ядерной войны. Этот расчет, сделанный американскими специалистами, показал, что уровень радиоактивного заражения будет существенно выше, чем предполагалось, осадки распространятся на огромные расстояния, не прекращаясь многие дни и недели. В образующихся «горячих пятнах» уровень радиации многократно превысит его среднее значение. Среднюю дозу радиации в Северном полушарии сильно увеличит разрушение атомных электростанций, заводов по переработке ядерного горючего и его складов.

Во время мощных ядерных взрывов высоко в атмосфере выделится огромное количество окислов азота, в несколько раз превышающее их содержание в нормальном состоянии. Они свяжут озон, отчего разрушится озоновый слой. И, когда рассеется дым, интенсивность губительного ультрафиолетового излучения, приходящего к земной поверхности, увеличится в несколько раз.

Ядерные взрывы у поверхности Земли, напротив, спровоцируют увеличение концентрации озона вблизи земной поверхности. С биологической точки зрения, озон — токсическое вещество. В сценарии ядерного конфликта, рассмотренного американским ученым К. Саганом, предполагается, что примерно одна шестая часть всей урбанизированной площади земного шара — около 240 тыс. км² — сгорит в наиболее вероятном, по его мнению, варианте ядерной войны при взрыве суммарной мощности 5000 Мт. В городских пожарах будут выделяться такие ядовитые газы, как окись углерода, цианиды, диоксин, фураны. Их перенос ветром приведет к разрушению окружающих экосистем.

Тропические леса — основные носители органической жизни и основной источник кислорода на Земле — погибнут даже при коротком воздействии холода и мрака, поскольку они не способны переносить резкие колебания температуры и освещенности. В результате исчезнет основная масса растений и жи-

вотных, а биосфера лишится основного источника кислорода.

Гибель тропических и среднеширотных лесов в несколько раз увеличит отражающую способность занятых ими пространств, отчего сократится приток энергии от Солнца. В результате качественно изменится вся энергетика земной климатической системы, и климат, а за ним и живая и неживая природа перейдут в новое состояние, свойства которого трудно предсказать. Однако ясно, что этот новый уровень будет существенно беднее высшими формами жизни, а для *Homo sapiens*, скорее всего, не найдется экологической ниши...

Описываемые эффекты малочувствительны к сценарию ядерной войны, то есть катастрофические изменения начнутся даже при сравнительно небольшой мощности зарядов. Так, при взрыве 100 Мт над крупными городами температура воздуха у поверхности Земли в средних широтах на три месяца станет ниже точки замерзания воды, причем за первые десять суток температура над Северной Африкой упадет на 47° С, над США — на 35° С, над Центральной Европой — на 46° С.

География театра военных действий также малосущественна. В случае глобального ядерного конфликта в Северном полушарии климатические последствия начнутся через несколько дней, в Южном — через несколько недель. В случае локального ядерного конфликта в любой точке нашей планеты механизм общей циркуляции атмосферы размешает ядерную грязь над «военным» полушарием практически за один месяц, а еще через месяц загрязнением будет поражено другое полушарие.

Все это означает, что после ядерной войны с практически любым сценарием люди, пережившие первый удар, окажутся в условиях жестокого холода, темноты, отсутствия воды, пищи и топлива, под воздействием мощной радиации, загрязнителей, болезней, в условиях предельного психологического стресса. Поэтому ядерная война любого масштаба может означать либо исчезновение человеческого рода, либо низведение его на уровень абсолютной дикости и деградации.

●



Инфразвук в природе

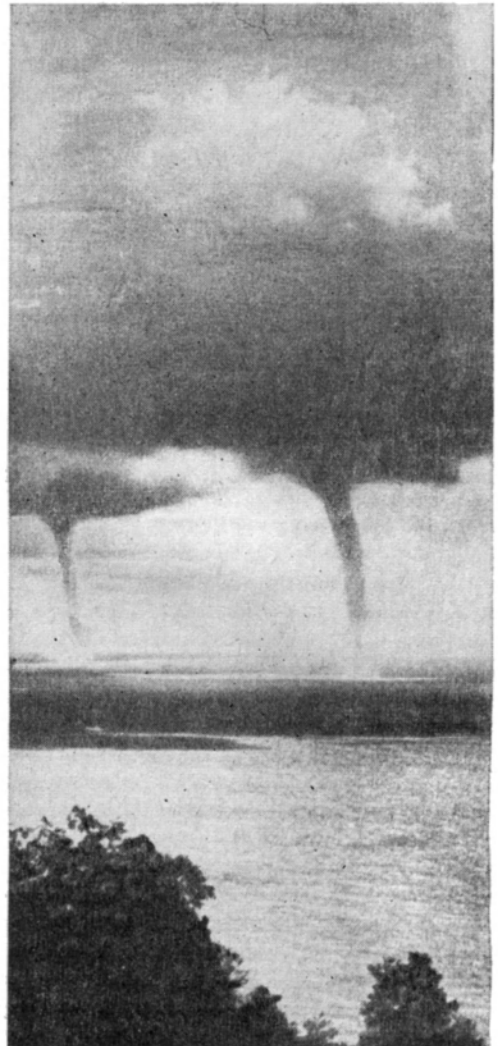
Об инфразвуке известно давно. Но только исследования последнего времени поставили ученых перед проблемой: а какую же роль он играет на самом деле — в нашей жизни, в природных процессах глобального масштаба!

ИНФРАЗВУК НА ЗЕМЛЕ

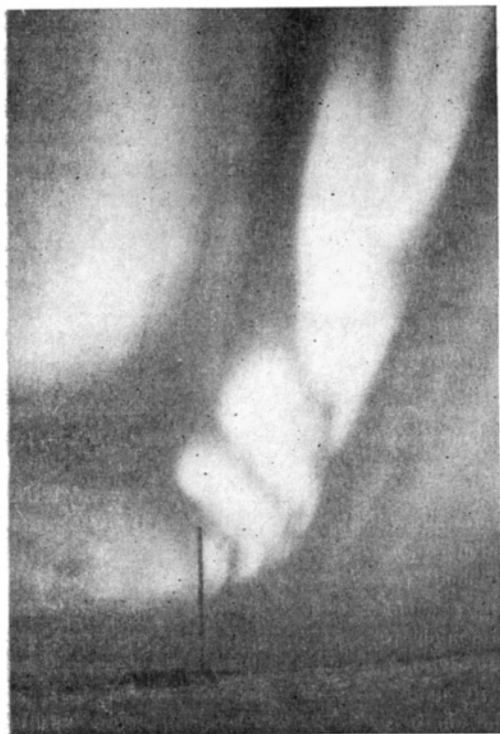
Медузы в предчувствии шторма уходят на большую глубину... Птицы перед приближением волны цунами улетают от берега... Чувствительный прибор, находившийся на Камчатке, улавливает эхо от извержения вулкана в Индонезии... Удар грома и разрыв снаряда, горный обвал и глухой рев самосвала, шум приближающегося поезда и вой ветра — все эти (и многие другие) явления сопровождаются инфразвуковыми волнами в атмосфере. Что, в общем, и не удивительно: основная звуковая энергия любого взрыва, грохота, шума и т. п. сосредоточена именно в инфразвуковом диапазоне частот (примерно 0,003—16 Гц). Человеческое ухо воспринимает энергию лишь более высоких звуковых колебаний, однако и действие инфразвуковых колебаний на орган слуха иногда бывает весьма ощутимо.

Атмосферный инфразвук — в целом мало изученное явление. В указанном диапазоне частот всегда присутствуют значительные шумы. Одна из причин этого — слабое затухание колебаний на частотах ниже 1 Гц: инфразвуковой сигнал может быть зафиксирован от источника, удаленного на тысячи километров. Например, инфразвуковые волны, сопровождавшие извержение вулкана Агунг (о. Бали, Индонезия), были зарегистрированы на частоте порядка 0,01 Гц в Боулдере (Калифорния, США), причем они приходили в пункт наблюдения как по кратчайшему пути (14 700 км), так и обогнув земной шар.

Хорошо известные источники инфразвуковых колебаний — ураганы и океанские штормы



Смерчи — страшная сила, все сметающая на своем пути. Движение их сопровождается мощная инфразвуковая волна



Полярные сияния — красивейшие явления природы. По новейшим данным, они также рождают инфразвук

мы. «Голос моря», открытый академиком В. В. Шулейкиным еще в 30-х годах нашего столетия,—это инфразвуковые колебания, образующиеся от завихрений ветра на гребнях морских волн. Видимо, улавливая именно этот «голос», птицы и животные покидают опасный район накануне шторма. Мощными источниками инфразвука выступают землетрясения. Колебания от них наблюдаются на фоне почти постоянного инфразвукового шума, порожденного хаотическими движениями воздушных масс в высоких слоях атмосферы. Этот шум обычно имеет амплитуду около $1 \text{ дин}\cdot\text{см}^{-2}$ (1 мкбар). Амплитуды колебаний от источников, перечисленных выше, составляют, как правило, несколько микробар. Такие перепады давления весьма малы, но вполне доступны измерениям посредством современных акустических приборов. Для сравнения укажем, что локальные изменения атмосферного давления, вызванные порывами ветра, могут достигать 8 мбар (миллибар), то есть примерно в 1000

раз превосходят амплитуду инфразвуковых колебаний.

«ПЕСНИ» СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

В 60-х годах был обнаружен еще один довольно мощный источник инфразвука — полярные сияния, которые в свою очередь связаны с магнитными бурями. Через магнитосферу Земли и солнечный ветер эта цепочка тянется к Солнцу...

Непрерывный поток плазмы из солнечной короны (солнечный ветер) днем и ночью обтекает магнитосферу Земли. При сильных порывах солнечного ветра магнитосфера сжимается, потом вновь расширяется. Эти колебания приводят к геомагнитным бурям. Внешнее их проявление — беспокойное поведение стрелки компаса, указывающее на изменения магнитного поля. Эти изменения чувствуют также заряженные частицы, постоянно заполняющие магнитосферу. Когда во время бури начинают возмущаться их орбиты, частицы вторгаются в верхние слои атмосферы на высотах 95—120 км в области геомагнитных широт $67\pm 3^\circ$ и вызывают свечение атомов воздуха — азота и кислорода.

Так рождается полярное сияние — грандиозное, красочное и, казалось бы, бесшумное явление природы... Впрочем, если бы ухо человека воспринимало колебания с частотой ниже 16 Гц, то он мог бы иногда слышать настоящий грохот — инфразвуковую бурю, порожденную сполохами и пульсациями полярного сияния при вторжении пучков заряженных частиц из магнитосферы в верхние слои атмосферы.

В средних и низких широтах давление инфразвуковых волн в полосе частот 0,01—0,05 Гц составляет во время сильных бурь до 10 мкбар. Инфразвуковая буря начинается через 5—6 ч после начала магнитной бури, продолжается около 6 ч, а затем постепенно утихает. Это явление чаще всего наблюдается после полуночи по местному времени.

Если магнитная буря достаточно сильная, то она сопровождается инфразвуковой бурей с вероятностью 100%. О частоте появления таких бурь можно судить по следующему факту: в 1966—1967 годах они наблюдались в 30% дней всего интервала наблюдений. Длительные измерения в диапазоне инфразвука отсутствуют, поэтому о временных вариациях

частоты инфразвуковых бурь определенных данных нет. Можно лишь предполагать, что их частота должна повторять частоту появления магнитных бурь и полярных сияний.

Иногда бывают случаи, когда инфразвук усиливается и без значительного возрастания магнитной активности. При этом, однако, наблюдаются возмущения в верхних слоях атмосферы — в ионосфере. Это наводит на мысль, что источником такого инфразвука способно оказаться не полярное сияние, а какое-то другое явление в околоземном пространстве. По расчетам советских ученых из Физического института имени П. Н. Лебедева АН СССР (К. С. Гегелашвили, А. М. Прохоров, И. В. Чашей, В. И. Шишов) инфразвук может порождать... солнечный ветер, обтекающий магнитосферу Земли.

Плотность плазмы в солнечном ветре испытывает колебания, соответственно меняется и его давление на магнитосферу. Вариации давления приводят к возникновению волнообразных возмущений геомагнитного поля. Эти возмущения далее распространяются вниз по ионосфере в виде магнитозвуковых волн. Критический момент наступает на высоте примерно 120 км, где магнитозвуковая волна превращается в инфразвуковую. Скорость последней на высотах ниже 120 км составляет около 300 м/с, а типичный диапазон частот таких волн — 0,005—0,03 Гц.

Можно ли выделить эти колебания на фоне остальных инфразвуковых шумов атмосферы? Оказывается, да: в процессе распространения с высоты 120 км до поверхности Земли амплитуда инфразвуковой волны увеличивается примерно в 10 тыс. раз. При самых осторожных предположениях получаем скачок давления 2 мкбар. Поскольку волны не в состоянии выходить обратно в солнечный ветер, то внутри магнитосферы может осуществляться накопление волновой энергии, и тогда амплитуда колебаний давления возрастает до 10—20 мкбар, что сравнимо с амплитудой инфразвуковых волн, наблюдаемых во время геомагнитных бурь.

Теперь уже не вызывает сомнений: магнитные бури сопровождаются изменениями атмосферного давления с амплитудой до 2 мбар. Если учесть продолжительность магнитной бури (до 5 суток), то можно предположить, что инфразвук космического происхождения в некоторых случаях способен оказывать за-

метное динамическое воздействие на нижние слои атмосферы Земли. Как бы то ни было, инфразвуковые колебания естественного происхождения косвенно (через геомагнитные бури, полярные сияния, циркуляцию атмосферы и, возможно, землетрясения) связаны с солнечной активностью.

ИНФРАЗВУК И БИОСФЕРА

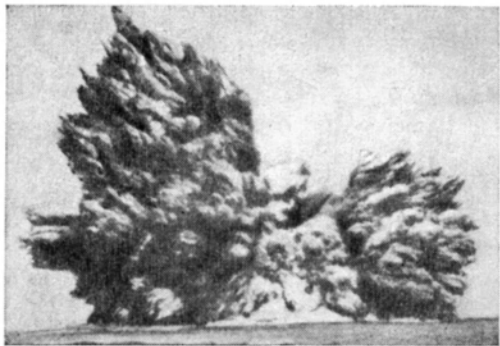
Около 10 лет назад советский ученый Б. М. Владимирский высказал предположение, что в передаче воздействия солнечной активности на биосферу наряду с электромагнитным полем участвует инфразвук. Эта гипотеза может оказаться справедливой только в том случае, если инфразвуковые колебания с амплитудой около 10 мкбар биологически активны.

К сожалению, биологическое действие инфразвука малой амплитуды изучено недостаточно. Однако имеется немало прямых и косвенных данных, указывающих на то, что инфразвуки в некоторых частотных полосах и в самом деле биологически эффективны. Особенно показательны в этом отношении эксперименты, проведенные в 60-х годах во Франции под руководством В. Гавро.

Источником инфразвука служила сильно увеличенная модель полицейского свистка. Когда сквозь нее продували воздух, она давала колебания с частотой около 7 Гц. Если у таких колебаний была большая амплитуда, испытуемые ощущали пульсации в голове и не могли заниматься даже простой интеллектуальной работой; при воздействии инфразвука с меньшей амплитудой они жаловались на усталость, головокружение, тошноту, становились раздражительными.

Несомненно, влиянию инфразвуковых колебаний подвергается в первую очередь центральная нервная система. Не случайно кроме физиологических наблюдались и психические эффекты — от ощущения дискомфорта до появления чувства страха и даже ужаса. По мнению В. Гавро, возникновение паники во время землетрясений — не в последнюю очередь результат воздействия инфразвука.

Есть и другие данные, надежно подтверждающие биологическую эффективность инфразвука большой амплитуды при экспозициях (длительности воздействий) в несколько минут. Заслуживают внимания (хотя и менее на-



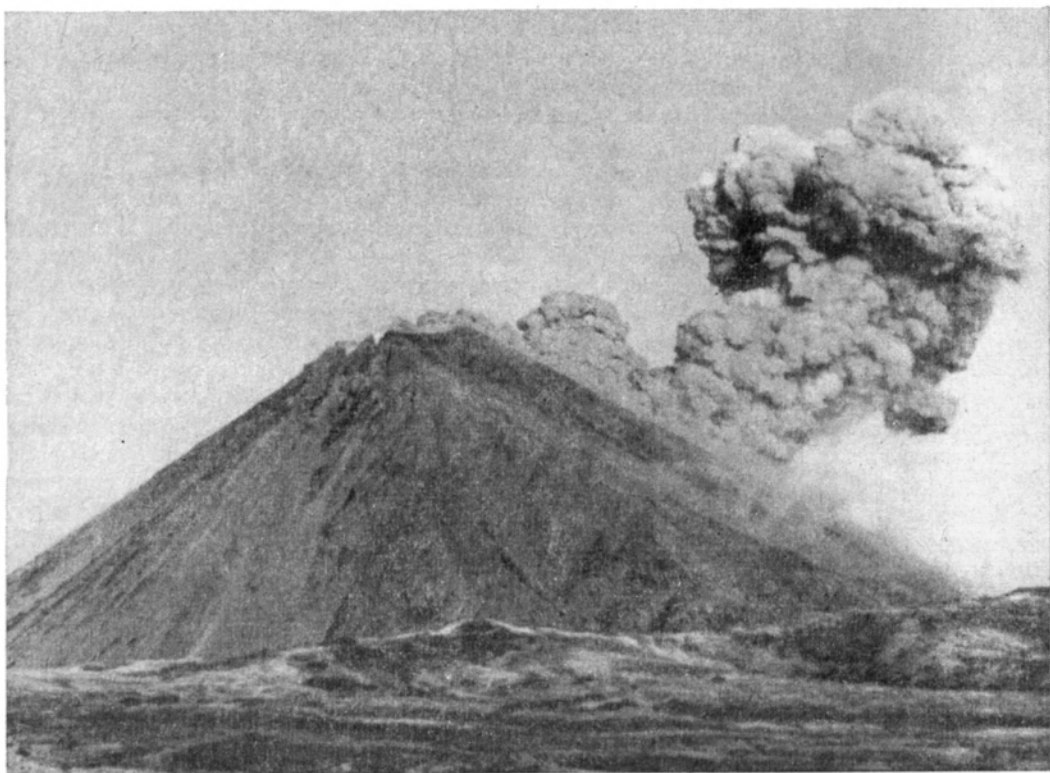
Даже слабый взрыв, сотрясая воздушные массы и почву, слышен издалека. Глухой удар при взрыве — это дошедший до наблюдателя инфразвук

дежны) сообщения отдельных исследователей о связи поведения человека с уровнем индустриальных инфразвуковых шумов (например, увеличение числа автомобильных аварий при усилении инфразвуковых шумов в районе Чикаго). Из-за недостаточного количества ин-

фразвукометрических станций пока не ясно, есть ли подобная связь в других пунктах. Но даже независимо от наличия указанной связи и степени ее достоверности инфразвуковой шум искусственного происхождения — одна из составляющих комплекса вредных факторов в крупных городах и промышленных центрах.

Инфразвуковые колебания тесно связаны с явлением вибрации, биологическое действие которой хорошо известно. Вибрация оказывает влияние на свойства органических и неорганических коллоидных растворов и вызывает всевозможные отклонения у растений и животных (включая человека) — от вполне обратимых физиологических сдвигов до мутаций. Вибрация нашла применение и в медицинской практике. Важно то, что реакция на вибрацию зависит от частоты, причем некоторые из эффективно действующих частот приходятся как раз на диапазон инфразвуковых колебаний.

Инфразвук всегда сопутствует извержениям вулканов. Он — как бы «голос» земных недр



Косвенным указанием на биологическое влияние инфразвука может быть также следующий факт. Если интенсивность обычного шума модулирована с частотой инфразвука, то биологическое действие шума оказывается значительно сильнее, чем в отсутствие модуляции. В случае импульсной модуляции с частотой 0,5—25 Гц действие шума увеличивается с уменьшением модулирующей частоты. Клиническая картина влияния шума на человека хорошо известна: повышенная раздражительность, эмоциональная неустойчивость, головные боли, ухудшение памяти, быстрая утомляемость, боли в области сердца. Причем этот комплекс симптомов качественно сохраняется и при изменении частоты, поэтому естественно ожидать, что аналогичная картина будет характерна и для инфразвукового диапазона.

Как отмечает Б. М. Владимирский, для проверки высказанной гипотезы необходимы специальные эксперименты с живыми организмами при амплитуде инфразвука примерно 10 мкбар, частоте порядка 0,01 Гц и экспозиции около 6 ч. Аппаратура и методика таких экспериментов сложны, поэтому прямых лабораторных данных пока очень мало. По косвенным же свидетельствам, некоторые обитатели моря, насекомые и животные, по-видимому, ощущают естественные инфразвуковые колебания.

Как бы то ни было, плодовые мушки-дрозофилы определенно реагировали на слабый искусственный сигнал с амплитудой 10 мкбар на частоте 16 Гц и при экспозиции около 2 ч. Авторы эксперимента (В. Б. Чернышев и др., МГУ) отмечают, что инфразвук с частотой

0,1 Гц, вероятно, влияет аналогичным образом.

О механизме биологического действия инфразвука можно косвенно судить по результатам экспериментов, проведенных недавно группой советских ученых (руководитель — М. А. Маргулис). Оказывается, под действием акустических колебаний с частотой от 7 до 200 Гц в жидкости, насыщенной аргоном, азотом или воздухом, начинают протекать окислительно-восстановительные реакции: например, образуется перекись водорода, происходит окисление сульфата железа, малеиновая кислота превращается в фумаровую и т. д. При этом скорости таких реакций зависят от длительности воздействия акустических колебаний.

Если посмотреть на проблему с практической стороны, то станет очевидным: изменения в уровне естественных инфразвуковых шумов могут оказаться весьма важными для организмов, чьи адаптационные способности по каким-либо причинам нарушены. Поэтому исследование биологического воздействия инфразвука имеет непосредственное отношение к проблеме охраны окружающей среды.

Инфразвук и космос, биосфера и Солнце, человек и Вселенная... Нас уже не удивляют ни взаимная связь между явлениями столь различного масштаба, ни переплетение чисто земных проблем с задачами исследования и освоения космоса. И глубоко прав академик В. И. Вернадский, сказавший: «Связь космической реальности с нами гораздо глубже и обыденнее, чем мы думаем».



НОВЫЕ КНИГИ

Фантастическая повесть Циолковского

Издательство «Детская литература» выпустило в 1984 году фантастическую повесть К. Э. Циолковского «На Луне», которую гениальный основоположник теоретической космонавтики написал в 1887 году. Тридцатилетний школьный учитель из города Боровска Калужской губернии попытался представить себе и расска-

зать другим об ощущениях человека, оказавшегося на Луне. В этом сочинении, впервые изданном в 1893 году, повествование ведется от лица человека, который во сне переносится на Луну вместе со своим другом (физиком по профессии). Диалоги землян позволяют автору в увлекательной форме разъяснить читателям многие вопросы, связанные с природой Луны. Повесть К. Э. Циолковского и в наши дни интересна и полезна начинающим любителям науки о Вселенной.

Предисловие к книге написал дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий академик В. П. Глушко. А заведующий отделом Луны и планет Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга доктор физико-математических наук В. В. Шевченко рассказывает читателям книги о жизни и деятельности К. Э. Циолковского, а также о современных представлениях о Луне.



Как наблюдать комету Галлея

1985 год ознаменован замечательным астрономическим событием: комета Галлея, стремительно приближающаяся к Солнцу, должна появиться на земном небосводе. О том, как лучше провести наблюдения долгожданной гостьи, и рассказывает эта статья.

Каждые три четверти века на небе Земли появляется знаменитая комета Галлея. Периодичность ее появления предсказал в XVIII веке выдающийся английский астроном Эдмунд Галлей. А после того, как в 1759 году комета появилась точно в предсказанный Галлеем срок, ее стали называть кометой Галлея (Земля и Вселенная, 1982, № 5, с. 38.—Ред.). Период обращения кометы вокруг Солнца меняется в пределах от 74 до 79 лет, так что почти каждый житель Земли хотя бы один раз в жизни может увидеть уникальный небесный «спектакль» — комету Галлея. Известны счастливицы, которым удалось дважды присутствовать на этом «спектакле». Среди них — немецкий астроном Иоганн Галле, открывший Нептун и наблюдавший комету Галлея в 1835 и 1910 годах, великий русский писатель Лев Толстой, видевший ее в те же самые годы, что и Галле. Сильное впечатление детства от увиденной им в семилетнем возрасте кометы (тогда поговаривали о неизбежном «конце света») он отразил в романе «Война и мир».

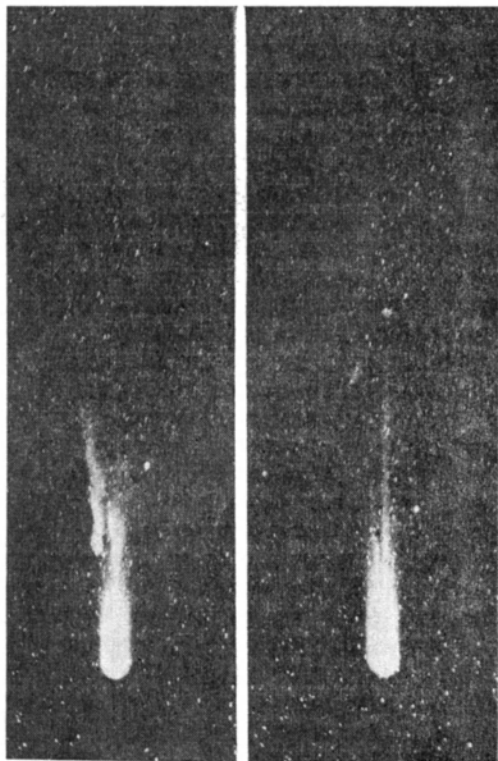
Интересный факт связан с известным американским писателем Марком Твенем, родившимся 30 ноября 1835 года, спустя две недели после прохождения кометы Галлея через перигелий. Рассказывают, что великий писатель, узнав об этом, в шутку заявил: «Я появился на свет вместе с кометой Галлея, вместе с ней и уйду». Комета Галлея, завершив за 76 лет свой очередной оборот вокруг Солнца, вновь прошла перигелий 20 апреля 1910 года, и на следующий день Марк Твен скончался.

В 1910 году комету Галлея видели наши старейшие астрономы — профессора Е. И. Казимирчак-Полонская и Б. А. Воронцов-Вельяминов. Борис Александрович вспоминает, что ему показывали комету на небе в 1910 году его родители, когда семья жила в Екатеринославе. Из-за своей близорукости он плохо различал на небе хвостатую гостью, несмотря на это сам факт появления кометы запомнил-ся ему на всю жизнь.

УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ КОМЕТЫ

Комета Галлея находится под «бдительным оком» астрономов, которые наблюдают ее с

Комета Галлея в 1910 году



16 октября 1982 года с помощью самых крупных телескопов. Первыми в нашей стране ее сфотографировали И. Д. Караченцев (6-метровый телескоп, Северный Кавказ), Г. П. Чернова, Н. Н. Киселев и П. В. Щеглов (1-метровый рефлектор, гора Санглок, Таджикистан), О. И. Бугаенко и С. Б. Новиков (1-метровый телескоп, Майданак, Узбекистан) и Д. И. Городецкий, Х. М. Мелеев и автор статьи (1-метровый телескоп, Ассы, Казахстан).

Любители астрономии могут попытаться визуально отыскать комету Галлея на небе в сентябре этого года, когда ее блеск достигнет примерно 13^m (Земля и Вселенная, 1984, № 2, с. 98.—Ред.). Правда, для таких поисков необходим телескоп с диаметром объектива не менее 15 см. В октябре 1985 года блеск кометы должен возрасти до $11,5^m$ и ее можно увидеть в телескоп с диаметром объектива 8—10 см. Комета будет видна всю ночь в созвездии Ориона, и лишь в последнюю неделю октября она перейдет в созвездие Тельца. Здесь комета будет находиться до конца третьей недели ноября, а затем переместится в созвездие Овна. В последнюю декаду ноября комету уже можно найти с помощью бинокля, так как блеск ее к этому времени возрастет до $6-7^m$; комета предстанет как диффузное образование с четким центральным сгущением и небольшим хвостом. В этот период комету можно наблюдать и фотографировать всю ночь, поскольку она будет находиться в противостоянии с Солнцем. В конце ноября она переместится в созвездие Рыб, а в последнюю неделю декабря перейдет в созвездие Водолея, пересечет небесный экватор и окажется в южном полушарии. С середины декабря комета Галлея будет видна только вечером в западной стороне неба. В этот период она станет ярче 6^m , и ее сравнительно легко отыскать в бинокль на западе вскоре после захода Солнца. При хорошей прозрачности атмосферы ее можно увидеть и невооруженным глазом.

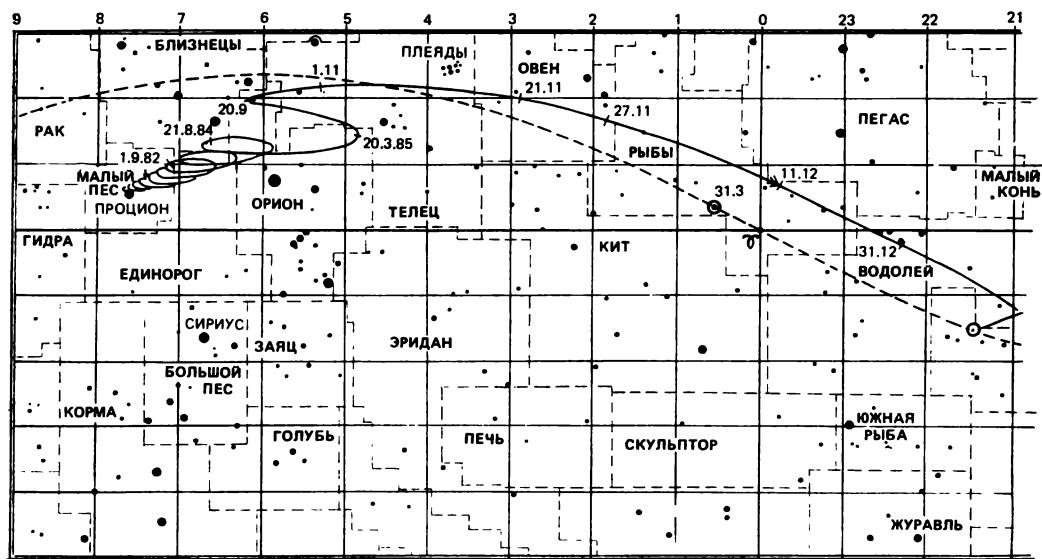
Лучше всего комету наблюдать в конце декабря 1985 — первой декаде января 1986 года, когда блеск ее превысит $4-5^m$. Весь январь комета Галлея — в созвездии Водолея, и к концу месяца ее блеск станет максимальным ($2,5-3^m$). К сожалению, увидеть комету будет невозможно: 4 февраля 1986 года она вступит в верхнее соединение с Солнцем и почти на весь февраль исчезнет, поскольку будет прое-

цироваться на светлые участки неба.

В начале марта комету Галлея можно вновь отыскать на утреннем небе в созвездии Козерога, но наблюдать ее удастся лишь в южных районах нашей страны. Комета в это время станет примерно 3—4 звездной величины, причем должен появиться довольно длинный хвост ($\sim 20-30^\circ$). В марте — апреле комета начнет все дальше удаляться в южное небесное полушарие, перемещаясь по созвездиям Козерога, Стрельца, Южной Короны, Скорпиона, Жертвенника, Наугольника, Волка и Центавра. В Центавре 14 апреля она вступает в противостояние с Солнцем и будет наблюдаться уже как объект 5 звездной величины на протяжении всей ночи, но крайне низко над горизонтом. К концу апреля, когда комета пройдет по созвездиям Гидры и Чаши, ее можно наблюдать с вечера как объект примерно 6^m низко над горизонтом в умеренных и северных широтах. В середине мая комета переместится в созвездие Секстанта и ее блеск, а также период вечерней видимости заметно уменьшатся. К середине июня в умеренных широтах комету уже нельзя будет видеть, а в южных районах наблюдения ее могут вестись вплоть до сентября 1986 года, когда блеск кометы уменьшится до 13^m .

Любители астрономии, даже располагая весьма скромными астрономическими инструментами, все же смогут провести серьезные научные наблюдения кометы Галлея, которые в сочетании с профессиональными наземными и космическими исследованиями дадут науке ценный материал. Особенно полезны массовые наблюдения по единым программам на обширных территориях, простирающихся с востока на запад, что намного увеличит общую длительность наблюдений. Эти условия вполне осуществимы в Советском Союзе, где многочисленные любители астрономии объединены в коллективы при отделениях ВАГО, Дворцах и Домах пионеров и школьников, клубах, станциях юных техников. Поэтому советская программа наземных наблюдений кометы Галлея (СОПРОГ) предусматривает широкое привлечение любителей астрономии к регулярным наблюдениям кометы в 1985—1986 годах и возлагает на отделения ВАГО задачу организовать такие наблюдения повсеместно.

Условия видимости кометы Галлея на этот раз окажутся не очень благоприятными, и поэтому не исключено, что даже при наблюдениях



Видимый путь кометы Галлея (1985—1986 годы)

в бинокли и небольшие телескопы трудно будет рассмотреть хвост кометы. При поиске кометы следует пользоваться звездными атласами и картами со звездами до 9.5^m . В книге Н. А. Беляева и К. И. Чурюмова «Комета Галлея и ее наблюдение» (М.: Наука, 1984) можно найти такие карты, составленные специально для кометы Галлея. Весьма желательно иметь крупномасштабные звездные атласы А. А. Михайлова или А. Бечваржа.

Основные задачи визуальных наблюдений кометы Галлея заключаются в том, чтобы регулярно определять видимую звездную величину (m_1) всей кометы, видимую звездную величину ее ядра (или центрального сгущения, m_2), угловой диаметр и форму головы (D), угловой диаметр ядра (d), а также степень диффузности (или конденсации) головы (DC), угловую длину хвоста (c) и его позиционный угол (p), угловые размеры и позиционные углы различных структурных деталей (если они будут), облачных образований (оторвавшихся хвостов), темных полос в хвосте и так далее.

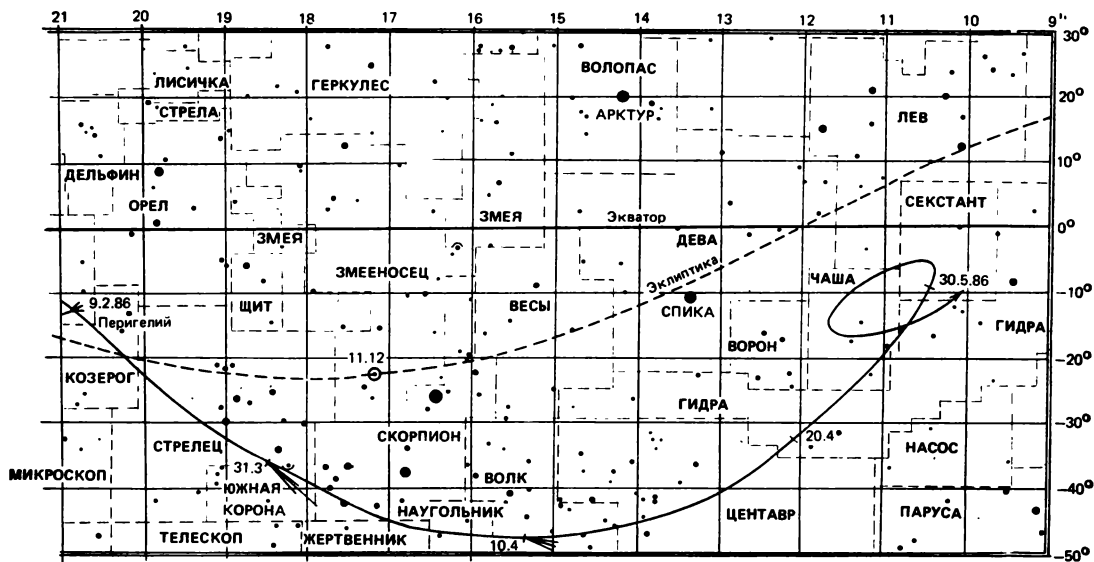
Непосредственно перед наблюдениями необходимо побыть 10—15 минут в полной темноте, чтобы глаза полностью адаптировались к ней. Все данные наблюдений следует аккуратно записывать в журнал наблюдений и в бланк наблюдателя. Не забудьте указать фамилию, имя и отчество, свой адрес и место наблюдений (желательно знать приближенные

координаты места). В журнал заносятся: дата и моменты наблюдений (с точностью до ± 5 мин), характеристики инструмента (диаметр и фокусное расстояние объектива, увеличение); в примечании необходимо указать высоту кометы над горизонтом, состояние земной атмосферы и блеск самых слабых звезд, видимых в поле зрения инструмента. Чтобы определить блеск таких звезд, инструмент наводится на какие-либо скопления (Плеяды, Гиады, Ясли) и отмечается самая слабая видимая звезда скопления. При записи необходимо указать метод, которым определялись звездные величины кометы и ее ядра.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЛЕСКА ГОЛОВЫ КОМЕТЫ И ЕЕ ЯДРА

Оценки звездной величины головы кометы и отдельно ее ядра следует проводить с помощью светосильных инструментов с наименьшим увеличением. Пока блеск кометы находится в пределах от 9^m до 12^m , хорошо использовать цейсовский бинокляр «Асемби» (20×88) или отечественный бинокляр БМТ-110 (20×110). Когда же комета станет ярче 9^m , то оценивать ее блеск можно с помощью светосильного бинокля БП (7×50).

Существующие методы оценки блеска кометы основаны на сопоставлении блеска ее головы или ядра с блеском выбранных звезд

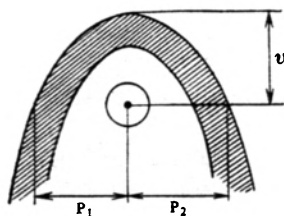


сравнения. Эти звезды выбираются примерно на такой же высоте, на какой находится комета, а их цвет должен быть близок к цвету кометы.

В методе Волохова — Бейера подбираются три (или больше) звезды сравнения а, b, с

с известными звездными величинами m_a, m_b, m_c . Они выбираются так, чтобы блеск кометы (ее искомая величина m_k) был несколько слабее блеска одних звезд (например, $m_k > m_a$) и не-
Любительская сеть советской программы наблюдений кометы Галлея (СОПРОГ)





Определение параметров оболочки и головы кометы

много ярче других звезд сравнения (например, $m_k < m_b$). Напомним, что чем ярче светило, тем меньше его звездная величина.

В начале наблюдений необходимо сфокусировать инструмент, чтобы изображения кометы и звезд в его поле зрения были четкими. Затем, наведя инструмент на комету, выводят окуляр из фокуса до полного исчезновения изображения кометы на фоне неба и на линейной шкале кремальеры (если шкалы нет, то ее следует нанести) отмечают l_k . Далее повторяют ту же операцию со звездами сравнения, отмечая соответствующие отсчеты l_a, l_b, l_c . По этим отсчетам и по известным звездным величинам m_a, m_b, m_c звезд сравнения строятся на миллиметровой бумаге график $m=f(l)$: по оси абсцисс откладываются значения l , а по оси ординат — соответствующие им значения звездных величин m . Отложив по оси абсцисс значение l_k , проводят перпендикуляр до пересечения с графиком в точке k и затем определяют по оси ординат звездную величину m_k кометы.

Если интервал звездных величин звезд сравнения не превышает 1^m , то можно вос-

пользоваться формулой:

$$m_k = m_a + \frac{m_b - m_a}{l_a - l_b} (l_a - l_k), \quad (1)$$

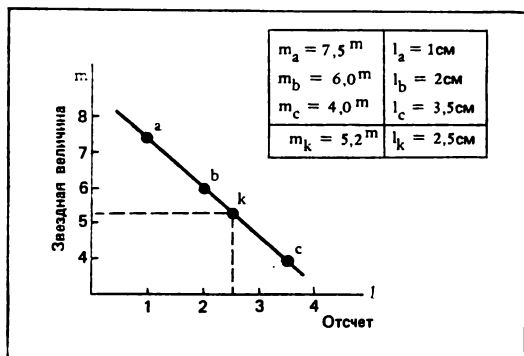
где $m_a < m_k < m_b$ и $l_a > l_b$.

Метод Волохова — Бейера лучше применять для оценок блеска кометы Галлея в тот период, когда ее кома будет иметь малые размеры и компактный вид. Блеск ядра кометы оценивается аналогично, но только по фокальным изображениям звезд и кометы.

Метод Бахарева — Бобровникова — Всехсвятского применяется в тех случаях, когда обе звезды сравнения (одна немного ярче, а другая несколько слабее кометы) видны в поле зрения инструмента одновременно с кометой. Окуляр инструмента выводится из фокуса до тех пор, пока внефокальные изображения кометы и звезд не окажутся примерно одинакового диаметра (полного равенства достичь невозможно, так как диаметр изображения кометы всегда больше диаметра изображения звезды). Следует учитывать, что у внефокального изображения звезды яркость по всему изображению примерно одинакова, комета же выглядит пятном неоднородной яркости. Наблюдатель должен уметь усреднять яркость внефокального изображения кометы и эту усредненную яркость сравнивать с яркостью внефокальных изображений звезд сравнения. Научиться делать такие усреднения можно по внефокальным изображениям шаровых звездных скоплений.

Сравнение яркости внефокальных изображений кометы и звезд можно проводить методом Нейланда — Блажко, в котором используются две звезды сравнения: одна немного ярче, другая слабее кометы. Пусть звезда a имеет звездную величину m_a , звезда b — звездную величину m_b , а комета k — звездную величину m_k , причем $m_a < m_k < m_b$. Мысленно интерполируют постепенный переход яркости от m_a к m_b и разбивают интервал $\Delta m = m_b - m_a$ на несколько степеней яркости (3, 4, 5 и т. д.). Далее, опять же мысленно сравнивая изображения кометы и звезд сравнения с полученным интервалом яркостей, определяют число таких степеней между кометой и каждой звездой. Если, например, интервал Δm разбит на 5 степеней, то запись $a5b$ показывает, что звезда a ярче звезды b

Метод Волохова — Бейера



на 5 степеней. Принимая, что одна степень $p=0,2 \cdot \Delta m$, получают оценку блеска кометы. Пусть, например, комета k оказалась слабее звезды a на 3 степени и ярче звезды b на 2 степени; тогда следует записать $a3k2b$. Блеск кометы вычисляется по формуле:

$$m_k = m_a + 3p = m_a + 0,6 \cdot \Delta m \quad (2)$$

или

$$m_k = m_b - 2p = m_b - 0,4 \cdot \Delta m \quad (3)$$

Понятно, что значения m_k , полученные по этим формулам, должны быть близкими. Подбирая несколько пар звезд сравнения, определяют среднее значение визуальной звездной величины кометы, добиваясь точности оценки примерно $\pm 0,1^m$.

В методе Сигдвика сравнивается фокальное изображение кометы с внефокальными изображениями звезд, имеющими при расфокусировке такие же диаметры, что и «фокальная» комета. Наблюдатель сначала внимательно изучает изображение кометы, находящейся в фокусе, и запоминает ее среднюю яркость. Затем он выводит окуляр из фокуса до тех пор, пока размеры внефокальных изображений звезд не станут сравнимыми с диаметром фокального изображения кометы. Яркость этих внефокальных звездных изображений сравнивается с зафиксированной в памяти наблюдателя средней яркостью кометы. Повторяя несколько раз эту процедуру, можно достичь точности в оценке звездной величины кометы $\pm 0,1^m$. Метод пригоден для оценок блеска кометы Галлея в период значительной ее яркости — в декабре 1985 года и январе, марте и апреле 1986 года. Однако он требует развития определенных навыков у наблюдателя, позволяющих держать в памяти яркости сравниваемых объектов.

Метод Морриса комбинирует особенности двух предыдущих методов и частично устраняет их недостатки. Он предусматривает следующую последовательность приемов:

1) получают такое внефокальное изображение кометы, которое имеет приблизительно однородную поверхностную яркость;

2) запоминают размер и поверхностную яркость внефокального изображения кометы;

3) расфокусируют изображения звезд сравнения таким образом, чтобы их размеры были равны размерам запоминавшегося внефокаль-

ного изображения кометы;

4) оценивают блеск кометы, сравнивая поверхностные яркости внефокальных изображений кометы и звезд сравнения;

5) повторяя всю процедуру несколько раз, находят среднее значение блеска кометы.

Этот метод дает точность оценки до $\pm 0,1^m$.

Метод автора основан на следующей последовательности приемов:

1) определяют блеск фотометрического ядра m_2 методом Волохова — Бейера или сравнением фокальных изображений кометного ядра и звезд;

2) внимательно изучают фокальное изображение кометы, запоминают среднюю яркость (без учета яркости фотометрического ядра m_2) и площадь протяженного изображения кометы;

3) сравнивают среднюю яркость всего изображения кометы (без ядра) с яркостью внефокальных изображений звезд, расфокусированных до таких размеров, чтобы площади их были равны площади фокального изображения кометы без центральной конденсации, и находят m_7 ;

4) интегральный блеск кометы m_1 получают по звездной величине фотометрического ядра m_2 и звездной величине условной кольцевой комы с хвостом m_7 , пользуясь таблицей «Нахождение звездных величин компонентов двойной звезды» в «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского (М.: Наука, 1971, с. 569, табл. 80). В этой таблице по аргументу разности звездных величин Δm фотометрического ядра и условной кольцевой комы с хвостом отыскивается поправка $\Delta m'$, которую надо вычесть из звездной величины более яркого объекта. Например, блеск фотометрического ядра $m_2=7,2^m$, а звездная величина комы и хвоста (без учета ядра) равна $6,0^m$. Разность звездных величин $\Delta m=1,2$ дает поправку $\Delta m'=0,3$. Тогда интегральная звездная величина кометы будет равна $m_1=6,0^m - 0,3^m=5,7^m$. При разности звездных величин больше $2,5^m$ поправка $\Delta m'$ становится меньше точности в оценке блеска кометы. Предлагаемый метод применим не только для небольших по размерам комет, но и для комет с довольно протяженными комами и развитыми хвостами.

При оценке интегральной звездной величины кометы методом Сигдвика или методом автора данной статьи необходимо одну трубу бинокля (или бинокуляр) сфокусировать на

комету (в методе Морриса, наоборот, расфокусировать изображение кометы до получения однородной яркости), а другую расфокусировать до получения внефокальных изображений звезд нужных размеров. Попеременно наблюдая в монокуляры изображения кометы и звезд сравнения, определяют визуальную звездную величину кометы.

Во всех этих методах должны быть известны звездные величины звезд сравнения. Их можно взять из каталога «Звездного атласа звезд до 8,25 звездной величины» А. А. Михайлова или из других современных звездных каталогов, имеющих в астрономических учреждениях. Но следует внимательно ознакомиться с системой звездных величин каталога. Если в нем звездные величины даются в ныне принятой системе UBV, то визуальная звездная величина определяется по формуле:

$$m_{\text{виз}} = V + 0,16^m (B - V) \quad (4)$$

При визуальных наблюдениях кометы Галлея оценку ее блеска необходимо делать несколько раз за ночь, учитывая то обстоятельство, что блеск кометы может резко увеличиться на несколько звездных величин. Это, например, периодически происходит с кометой Швассмана—Вахмана, а комета Олкока 27 мая 1963 года неожиданно резко усилила свой блеск на 6^m. При обнаружении сильной вспышки блеска кометы важно проследить за различными фазами ее развития, фиксируя при этом изменения в структуре головы и хвоста. Подобные колебания не раз отмечались и у кометы Галлея в прошлом, поэтому не исключено, что и теперь у нее будут наблюдаться заметные вариации и неожиданные вспышки блеска.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАМЕТРА И СТЕПЕНИ ДИФFUЗНОСТИ ГОЛОВЫ КОМЕТЫ

Метод «дрейфа» основан на том, что при неподвижном инструменте комета, вследствие суточного вращения неба, перемещается в поле зрения инструмента. Применив окуляр с крестом нитей, надо повернуть его так, чтобы комета перемещалась вдоль одной нити и, следовательно, перпендикулярно к другой нити креста. Определив по секундомеру промежуток времени Δt в секундах, за который голова кометы пересечет перпендикулярную

нить, легко найти диаметр головы (комы) в минутах дуги по формуле:

$$D' = 0,25 \cdot \Delta t \cos \delta \quad (5)$$

где δ — склонение кометы.

В методе сравнения диаметр головы кометы определяется по известному угловому расстоянию между звездами, видимыми в поле зрения окуляра. Используя крупномасштабные атласы и карты звездного неба (например, звездный атлас Михайлова со звездами до 8,25^m), наблюдатель определяет угловые расстояния между близкими звездами в окрестностях кометы и сравнивает их с видимым диаметром головы. Этот метод применяется, если диаметр головы превышает 5'.

Метод микрометра — наиболее точный, но его можно использовать в том случае, когда окуляр телескопа оснащен микрометром. Диаметр головы (комы) измеряют, последовательно наводя нить (по касательной) на один и другой края головы кометы и снимая соответствующие отсчеты по шкале микрометра.

Одновременно с определением диаметра головы кометы наблюдатель должен оценивать степень ее диффузности (или конденсации — DC), которая дает представление о внешнем виде кометы. Степень диффузности имеет градацию от 0 до 9. Если DC=0, то комета кажется светящимся объектом с одинаковой поверхностной яркостью или малым изменением ее от центра головы к периферии. Это полностью диффузная комета. Если DC=9, комета выглядит звездообразным объектом. Промежуточные значения DC показывают различную степень диффузности кометы. Например, если DC=3, комета имеет диффузную кому с постепенно увеличивающейся яркостью к центру, при DC=6 в центре головы кометы хорошо виден максимум яркости. На особом счету находятся кометы, имеющие протяженную диффузную кому с резкой центральной конденсацией: если не принимать во внимание звездообразное ядро, то DC=0, если же учитывать только ядро без комы, то DC=9.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ГОЛОВЫ КОМЕТЫ

Для этого рекомендуется воспользоваться следующей условной классификацией: тип E — яркая кома, обрамленная светящимися параболескими оболочками с фокусом в ядре

кометы; тип С — кома средней яркости, по форме напоминающая луковицу; тип п — кома отсутствует, хвост кажется выходящим непосредственно из ядра кометы; тип О — у головы наблюдается слабый выступ в сторону Солнца (антихвост); тип h — в голове наблюдаются равномерно расширяющиеся кольца (гало); тип f — веерообразные излияния из ядра; тип d — наблюдаются оторвавшиеся хвосты.

Если голова кометы Галлея будет отнесена к типу Е, то необходимо, пользуясь самым большим увеличением, зарисовать форму появившихся оболочек и измерить два параметра: угловое расстояние V вершины каждой оболочки от ядра кометы (высоту вертекса) и поперечник оболочки P , измеряемый в перпендикулярном направлении через ядро. Последний параметр равен сумме двух величин P_1 и P_2 , которые измеряются от ядра до обоих краев оболочки в направлении, перпендикулярном к оси головы. Важно также проследить за развитием оболочек, отмечая моменты времени последовательных их измерений с точностью до 5 с.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ХВОСТА КОМЕТЫ

При наблюдениях кометы следует периодически измерять угловую длину хвоста $\{c\}$, позиционный угол $\{p\}$ его оси, а также определять тип хвоста кометы.

Параметр c . Определяется длина хвоста теми же методами, что и диаметр комы. Но если длина хвоста превышает 10° , то ее следует вычислять по формуле:

$$\cos c = \sin \delta \sin \delta' + \cos \delta \cos \delta' \cos(\alpha - \alpha'), \quad (6)$$

где α — прямое восхождение и δ — склонение головы кометы, а α' и δ' — аналогичные координаты конца хвоста, которые можно определять по экваториальным координатам расположенных около него звезд.

Параметр p . Углы p хвоста можно измерить позиционным микрометром, укрепленным на окулярной части телескопа. Они отсчитываются от направления к северному полюсу мира против вращения часовой стрелки.

Если удастся подобрать две звезды, на которые проецируется хвост кометы, то по экваториальным координатам этих звезд α_1 , δ_1 и α_2 , δ_2 можно вычислить приближенное

значение позиционного угла хвоста по формуле:

$$\sin p = \frac{\sin[(\alpha_2 - \alpha_1) \cos \delta_2]}{\sin[(\alpha_2 - \alpha_1)^2 \cos^2 \delta_2 + (\delta_2 - \delta_1)^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (7)$$

где α_2 , δ_2 — координаты звезды, более удаленной от ядра кометы, разности $(\alpha_2 - \alpha_1)$ и $(\delta_2 - \delta_1)$ берутся в градусах и долях градуса.

Хвосты комет в общем случае направлены в сторону противоположную Солнцу, которое во время видимости комет находится под горизонтом. Правда, иногда наблюдаются короткие аномальные хвосты, направленные к Солнцу.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ХВОСТА КОМЕТЫ

Мы рекомендуем любителям астрономии выяснить, к какому из следующих пяти типов кометных хвостов относится наблюдаемый хвост кометы Галлея.

I — хвост прямой или почти прямой, направленный вдоль радиуса-вектора кометы или близко к нему, иногда состоит из отдельных струек и лучей, цвет голубой.

II — широкий изогнутый хвост, заметно отклоняющийся от направления радиуса-вектора, цвет желтый, так как он состоит в основном из пыли.

III — неширокий, короткий, сильно изогнутый хвост, направленный почти перпендикулярно к продолжению радиуса-вектора, цвет желтый.

IV — аномальный короткий хвост желтого цвета, направленный к Солнцу.

V — хвост, оторвавшийся от головы, голубого цвета, поскольку это плазменное образование.

При последующих наблюдениях необходимо фиксировать все изменения формы и структуры хвоста кометы Галлея.

Данные визуальных любительских наблюдений кометы Галлея (бланки наблюдателя, выписки из журналов наблюдений) для их централизованного сбора следует высылать по адресу: 252053, Киев, ул. Обсерваторная, 3, Астрономическая обсерватория Киевского университета, СОПРОГ, координатору любительских наблюдений К. И. Чурюмову.

В заключение заметим, что большой интерес представляют также наблюдения метеорных потоков, связанных с кометой Галлея.

Памяти

И. С. Шкловского



Иосиф Самуилович Шкловский (1916—1985)

3 марта 1985 года после тяжелой болезни скончался выдающийся советский астрофизик, лауреат Ленинской премии, член-корреспондент АН СССР, профессор Иосиф Самуилович Шкловский. Ушел из жизни один из основоположников современной всеволновой астрономии, большой ученый и замечательный человек.

И. С. Шкловский родился 1 июля 1916 года в городе Глухове (Сумская область). Окончив школу-семилетку, он в 1931 году работает бригадиром-десятником на строительстве Байкало-Амурской железной дороги. В 1933 году И. С. Шкловский поступает на физико-математический факультет Владивостокского универ-

ситета и через два года переходит на физический факультет МГУ. В 1938 году молодого физика-оптика принимают в аспирантуру на кафедру астрофизики ГАИША к доценту Н. Н. Парийскому. Так, не имея специального образования, начал свой путь в астрономии И. С. Шкловский — ученый, чей вклад в становление современной астрофизики неоценим. Трудно назвать какую-либо актуальную отрасль астрономии XX века, в которой И. С. Шкловский не оставил бы заметного, а порой и основополагающего следа.

Ранние работы Иосифа Самуиловича были посвящены физике Солнца. Его теория высокотемпературной солнечной короны объяснила все накопленные к 40-м годам наблюдательные данные и дала толчок дальнейшим исследованиям. Большой вклад внес ученый в объяснение механизмов генерации радио- и рентгеновского излучения Солнца. Цикл «солнечных» работ И. С. Шкловского по прошествии почти сорока лет не утратил своего значения, он продолжает оставаться надежным фундаментом в изучении физики Солнца.

Широкую известность принесли И. С. Шкловскому исследования по космическому радиоизлучению. Ему принадлежит ряд идей, определивших развитие радиоастрономии на начальном этапе. Иосиф Самуилович разработал метод спектрального разделения тепловой и нетепловой составляющих радиоизлучения Галактики, который позволил провести отождествление ярких галактических радиоисточников. И. С. Шкловский показал также возможность наблюдения линии нейтрального водорода на волне 21 см. Усиленные поиски линии закончились успешно. Это положило начало систематическому и эффективному изучению структуры нашей и других галактик. Иосиф Самуилович впервые исследовал возможность наблюдения радиолиний межзвездных молекул, в частности молекулы гидрокси-



ла. Эта работа привела к открытию космических мазеров и связанных с ними процессов образования звезд, к систематическим наблюдениям радиоизлучения сложных молекул межзвездной среды.

И. С. Шкловский объяснил оптическое свечение Крабовидной туманности в рамках гипотезы о синхротронном механизме излучения. Многочисленные эксперименты блестяще подтвердили эту идею. В работах, связанных с исследованием Крабовидной туманности, очень ярко проявилась способность ученого объединять разобщенные экспериментальные данные, строить на их основе согласованную теорию и вновь возвращаться к эксперименту, предлагая четкие рекомендации для дальнейших наблюдений. Именно такой подход привел к зарождению всеволновой астрономии.

Большой вклад внес И. С. Шкловский в развитие теории эволюции остатков сверхновых, на основе которой было предсказано и затем открыто их рентгеновское излучение. Модели остатков сверхновых, предложенные Иосифом Самуиловичем, объяснили многие специфические особенности их излучения, и в частности соотношения между рентгеновским, оптическим и радиоизлучением. И. С. Шкловский показал также, что нейтронные звезды, образующиеся в результате вспышек сверхновых, имеют ускорения. Это может объяснить большие скорости пульсаров и позволяет предсказать существование протяженного гало популяции старых нейтронных звезд.

Ряд пионерских работ выполнен ученым в теории эволюции звезд. В конце 50-х годов он предложил эволюционную последовательность для звезд умеренных масс после их ухода с главной последовательности: красный гигант — планетарная туманность — белый карлик. Такое представление способствовало становлению современных взглядов на эволюцию звезд и получило дальнейшее развитие в работах как советских, так и зарубежных

астрофизиков.

И. С. Шкловский уделял большое внимание исследованиям внегалактических объектов. Одним из первых он провел анализ наблюдений радиогалактик Печь А, Лебедь А, Центавр А и предположил, что оптическое излучение выброса из ядра галактики М 87 имеет синхротронную природу, чему впоследствии были найдены неопровержимые наблюдательные подтверждения.

Сразу же после открытия в 1963 году квазаров И. С. Шкловский предложил искать оптическую переменность 3C273 по старым пластинкам — и такая переменность была найдена. В 1965 году он выдвинул идею о единой природе активности в квазарах и ядрах галактик. Такой подход на протяжении уже 20 лет позволяет делать все новые и новые важные выводы о физике процессов в активных ядрах галактик и квазаров.

В последние годы И. С. Шкловский много внимания уделял проблемам рентгеновской и гамма-астрономии. С энтузиазмом он обсуждал новые результаты этих быстро развивающихся областей астрофизики, выдвигая оригинальные и смелые гипотезы для объяснения разного рода необычных явлений — таких, как рентгеновские барстеры, гамма-всплески, дискретные гамма-источники, объекты типа SS433. Большой интерес проявлял Иосиф Самуилович и к новой информации, получаемой в инфракрасной области, особенно с помощью космических аппаратов, а также к последним достижениям в построении моделей Вселенной и современным космологическим теориям (термин «реликтовое излучение» обязан своим появлением И. С. Шкловскому). Обладая прекрасной памятью и необыкновенно развитой интуицией, он успевал следить за новостями практически во всех быстро развивающихся направлениях астрофизики и чутко реагировать на них. Свои теоретические работы И. С. Шкловский всегда завершал выво-

дами, которые можно было проверить непосредственными наблюдениями. Именно поэтому И. С. Шкловский-теоретик пользовался огромным авторитетом у астрофизиков-экспериментаторов всего мира.

Весом вклад Иосифа Самуиловича в организацию и развитие в СССР новых направлений астрофизики — радиоастрономии и внеатмосферной астрономии. Созданный им в 1953 году отдел радиоастрономии ГАИШа стал одним из первых в нашей стране. Этот отдел, которым Иосиф Самуилович руководил до последних дней своей жизни, сыграл и продолжает играть важную роль в становлении многих новых направлений астрофизики. Под его руководством начинались и успешно проводились первые в СССР астрофизические эксперименты на космических аппаратах. В 1969 году И. С. Шкловский организовал и возглавил отдел астрофизики в Институте космических исследований АН СССР.

В 1960 году И. С. Шкловскому была присуждена Ленинская премия, в 1966 году он избирается членом-корреспондентом АН СССР. И. С. Шкловский был членом Международной астронавтической федерации, Лондонского королевского астрономического общества, Американской академии наук и искусств, Национальной академии наук США, Астрономического общества Канады. Он удостоен высшей международной астрономической награды — Брюссельской золотой медали Тихоокеанского астрономического общества.

И. С. Шкловским создана школа современной всеволновой астрономии. Его ученики работают во всех ведущих астрономических институтах нашей страны, среди них два члена-корреспондента АН СССР, десять докторов и более тридцати кандидатов наук.

Велика роль И. С. Шкловского в философском осмыслении последних достижений современной науки (в том числе и астрофизики), а также в понимании места Человека в Космосе и его роли в преобразовании окружающего Мира. Некоторые свои взгляды на эти проблемы он успел изложить в ряде своих статей и в замечательной книге «Вселенная, Жизнь, Разум», собравшей огромную читательскую аудиторию — от школьников до ученых.

Большой талант популяризатора, оригинальность мышления, темперамент блестящего оратора и многочисленные выступления И. С.

Шкловского перед широкой аудиторией по самым актуальным проблемам астрофизики снискали ему огромную известность как в научных кругах, так и среди всех интересующихся астрономией.

Много лет И. С. Шкловский был бессменным руководителем семинара по астрофизике, который собирал в ИКИ АН СССР научных сотрудников исследовательских учреждений Москвы и других городов страны, видных зарубежных ученых. По его инициативе с 1976 года проводятся научные чтения, посвященные памяти выдающегося советского астрофизика профессора С. Б. Пикельнера.

Иосиф Самуилович был интересным человеком, остроумным собеседником, прекрасным рассказчиком, обладал незаурядным литературным и художественным талантом. Каждая научно-популярная статья, с которой он выступал на страницах «Земли и Вселенной», привлекала к себе внимание читателей, вызывала многочисленные отклики и получала их очень высокую оценку. Его доброжелательная, хотя порой и резкая, критика в значительно большей степени притягивала, нежели отталкивала людей. Обаяние этого удивительного человека, яркой и интересной личности чувствовали все, кому выпало счастье общения с ним.

Ученики и коллеги Иосифа Самуиловича Шкловского навсегда сохраняют в памяти его светлый образ. А блестящие научные идеи выдающегося ученого будут озарять путь многим поколениям астрофизиков.

Группа товарищей





Пленум Центрального совета ВАГО

13—15 февраля 1985 года в Московском планетарии проходил очередной пленум Центрального совета Всесоюзного астрономо-геодезического общества. Перед представителями почти всех отделений ВАГО (собралось более 200 человек) с отчетным докладом о работе общества в 1984 году выступил его президент член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже. Присутствующие ознакомились с многогранной деятельностью Центрального совета, его секций и местных отделений.

Современная астрономия располагает сложнейшими методами и дорогостоящими средствами наблюдений, включая гигантские оптические и радиотелескопы, космические аппараты. Поэтому ни одна общественная организация, в том числе и ВАГО, не может проводить или организовывать полноценный комплекс научных исследований на уровне профессионального астрономического учреждения. К сожалению, в работе ВАГО принимают весьма ограниченное участие профессиональные астрономы, пока не все астрономические обсерватории стали коллективными членами общества. В оставшееся до очередного съезда ВАГО время необходимо значительно укрепить контакты ВАГО с астрономическими центрами нашей страны и ведущими астрономами.

Одно из препятствий для более широкого развития любительских астрономических исследований — отсутствие печатного органа ВАГО, где могли бы публиковаться результаты таких работ, поскольку «Астрономический вестник» превратился в довольно специальное издание и доступ на его страницы астрономам-лю-

бителям фактически закрыт.

В 1984 году силами членов общества продолжалось исследование Тунгусского явления, уточнение траекторий пролета и поиск выпавших фрагментов, изучались находки, напоминающие метеориты, а члены Сахалинского и Кемеровского отделений обнаружили (предположительно) небольшие метеориты.

По установившейся традиции в Московском, Башкирском, Горьковском, Ивановском и Томском отделениях ВАГО активно проводились наблюдения серебристых облаков, результаты их будут переданы в геофизические учреждения страны. Одной из популярных тем работ юных астрономов в 1984 году оставалось наблюдение метеоров. Проводились исследования метеорных потоков, связанных с кометой Галлея. Методический центр ВАГО по этим вопросам — Витебское отделение. Для серии «Библиотека астронома-любителя» подготовлена специальная брошюра, посвященная предстоящим наблюдениям кометы Галлея, а в «Циркуляре ВАГО» публикуются инструктивные и методические материалы по этому вопросу.

В различных отделениях ВАГО регулярно проводились наблюдения переменных звезд, покрытия звезд Луной, наблюдения искусственных спутников Земли и наблюдения по программе службы Солнца, выполнялись исследования астроклимата, атмосферной оптики и планетологические исследования. В Крымском отделении начались интересные работы по изучению промышленного загрязнения атмосферы, а в Минском — систематическое реферирование и библиогра-

фическое описание публикаций по астрономическим аспектам общей теории относительности. В разных городах страны в 1984 году работало около 50 общедоступных самодеятельных астрономических обсерваторий. Дальнейшее развитие и совершенствование сети народных обсерваторий — важная работа Массовой секции ЦС ВАГО.

Основной тематикой в работе юношеских секций на местах было знакомство со звездным небом, учебные наблюдения Солнца, Луны, планет, звездных скоплений, изготовление слайдов, витрин и наглядных пособий к школьному курсу астрономии. Проводились астрономические олимпиады, ознакомительные поездки в другие отделения.

Юношеская секция ЦС ВАГО совместно с Метеорным отделением ЦС, ВДНХ и Московским городским дворцом пионеров провела конференцию на тему: «Наблюдения кометы Галлея и связанных с нею метеорных потоков».

Значительно оживилась работа общества и в области геодезии. Основные усилия здесь направлены на решение задач, связанных с геодезическо-маркшейдерским обеспечением строительства. Геодезисты приняли активное участие в подготовке материалов для опубликованных в газете «Известия» статей «Строителям нужна точность» и «Золушка с теодолитом», что позволило привлечь внимание Госстроя СССР к вопросам геодезическо-маркшейдерских работ в строительстве. Члены геодезических секций ВАГО участвовали в проведении в Москве Всесоюзной конференции «Состояние и перспективы даль-



**Участники пленума
на центральной площади
Звездного городка**

нейшего развития геодезии и картографии», междуведомственного совещания «Состояние и перспективы развития геодезического приборостроения в СССР», совещания «Совершенствование геодезических работ и повышение точности монтажа жилых и общественных зданий», а также VII научно-технической конференции по обеспечению топографо-геодезическими материалами объектов строительства, которая состоялась в Нерюнгри (Якутия).

Геодезическая секция ЦС ВАГО совместно с научно-техническим обществом «Горное» организовала и провела в Москве в апреле 1984 года XVI научно-техническую конференцию молодых ученых и специалистов, посвященную 65-летию ленинского декрета «Об учреждении высшего геодезического управления». Лучшие из докладов, прочитанных на этой конференции, удостоены премий ВАГО и НТО «Горное». Первая премия присуждена В. А. Козлову за работу «Выбор оптимального деления на блоки геодезической сети» и А. Ю. Окнину за работу «Ме-

тодика разработки удельных норм расходования сырья, материалов и энергии в картографическом производстве».

Многие геодезические секции отделений значительно дополнили свой состав. Они организовывали и проводили выступления по радио, телевидению и в прессе, приуроченные к знаменательным датам в области геодезии, члены этих секций читали лекции по геодезии для населения в тех местах, где выполняли свои производственные работы. В некоторых городах школьные геодезические кружки успешно функционировали по программам, разработанным членами ВАГО. Геодезические секции оказывали практическую помощь производственным организациям в решении геодезических задач современными методами и на общественных началах участвовали в проведении работ на геодезических полигонах, в исследованиях приземной рефракции на наклонных трассах (для Института оптики атмосферы СО АН СССР), разрабатывали фотограмметрическое документирование более 30 архитектурных памятников.

В Ростовском отделении ВАГО создан кинофильм «Геодезия — наука о Земле», в котором показана работа со сту-

дентами и школьниками в геодезических лабораториях и на полигонах, при организации городских соревнований по геодезии и работа геодезистов на Эльбрусе.

На пленуме ЦС ВАГО отмечалось, что большое значение для пропаганды достижений советской и зарубежной науки имеет издаваемый Академией наук СССР и ВАГО научно-популярный журнал «Земля и Вселенная», отмечающий в нынешнем году свое 20-летие.

Учебно-методические секции Центрального совета ВАГО и его отделений активно участвовали в обсуждении «Основных направлений реформы общеобразовательной и профессиональной школы». Учебно-методическая секция (УМС) ЦС ВАГО вместе с комиссией по астрономии ученого совета Министерства просвещения СССР добилась при поддержке ряда крупных советских ученых (академиков Р. З. Сагдеева, Я. Б. Зельдовича, А. М. Прохорова, В. А. Амбарцумяна, В. В. Соболева, членов-корреспондентов АН СССР Ю. Д. Буланже, Н. С. Кардашева, члена-корреспондента АПН СССР Б. А. Воронцова-Вельяминова и других) сохранения астрономии как самостоятельного учебного предмета в новом типовом учебном плане

средней общеобразовательной школы. По инициативе и при участии УМС ЦС ВАГО подготовлен первый пробный учебник по астрономии для средней школы (автор Е. П. Левитан) и выпущен сборник научно-методических статей в помощь преподавателям астрономии (совместно с Ярославским отделением ВАГО). Пока не увенчались успехом усилия УМС ЦС ВАГО и учебно-методической секции Горьковского отделения, направленные на создание специализированного совета по защите кандидатских диссертаций, посвященных проблемам методики преподавания астрономии.

На пленуме ЦС ВАГО было сделано несколько интересных научных докладов. Первый заместитель начальника ГУГК при Совете Министров СССР Л. А. Кашин посвятил свой доклад современному состоянию и научным задачам геодезии, а профессор М. Т. Прилепин — спутниковым методам в геодезических и геодинамических исследованиях. С докладом «Радиоинтерферометры со сверхдлинными базами в ас-

трономии» выступил доктор физико-математических наук, сотрудник Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга Н. С. Блинов.

С докладом «О новых методах астрономических исследований и геодезия» выступил директор Главной астрономической обсерватории АН СССР доктор физико-математических наук В. К. Абалакин, а о мировоззренческих проблемах современной космологии рассказал кандидат философских наук В. В. Казютинский.

Участники пленума ЦС ВАГО посмотрели кинофильм «Комета Галлея», созданный на кафедре небесной механики Ленинградского государственного университета имени А. А. Жданова. Они также познакомились с оригинальной серией художественно-графических работ Н. В. Марковой. Художница выступила перед участниками пленума ЦС ВАГО с интересным сообщением о своих работах.

Старший научный сотрудник Крымской астрономической обсерватории Н. С. Черных

информировал о малых планетах, носящих имена почетных членов ВАГО.

Заведующая редакцией астрономии и геодезии ВИНТИ АН СССР кандидат физико-математических наук И. С. Щербина-Самойлова рассказала о работе редакции и перспективах развития реферативных журналов «Астрономия» и «Геодезия и аэросъемка».

Член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже от имени Межведомственного геофизического комитета при президиуме АН СССР вручил юбилейные медали в ознаменование 100-летия международных геофизических исследований активным участникам этих работ — членам ВАГО докторам физико-математических наук Л. П. Пеллинену, А. А. Изотову, кандидату физико-математических наук Л. А. Кашину, С. Г. Судякову.

Участники пленума ЦС ВАГО посетили Звездный городок.

Новое о гамма-всплесках

Существующие представления о гамма-всплесках очень неопределенны главным образом из-за отсутствия данных наблюдений в других диапазонах, кроме гамма- и очень жесткой рентгеновской областей.

Американские ученые исследовали рентгеновское излучение гамма-всплесков с помощью аппаратуры, установленной на спутнике USAF 78-1. Аналогичные исследования в гамма-области проводились на космическом аппарате «Пионер-Венера» (PVO). Получены достоверные результаты для четырех всплесков: GB 790307, GB 790325, GB 790504, GB 790731 (здесь GB означает гамма-всплеск, цифры — год, месяц и число). Наблюдения проводились для



таких областей энергии: 3—10 кэВ (рентгеновская область) и 30—2000 кэВ (гамма-область). Анализируя излучения этих четырех всплесков, ученые сделали следующие выводы. Во-первых, одновременно с гамма-всплеском наблюдается и излучение в рентгеновской области. Во-вторых, обычно рентгеновское излучение запаздывает по отношению к гамма-излучению (правда, у одного источника до гамма-всплеска наблюдалась рентгеновская предвспышка). В-третьих, гамма-барьеры вероятно не дают «классических» рентгеновских всплесков независимо от излу-

чения в гамма-области.

Гамма-всплеск GB 811016 наблюдался одновременно и в рентгеновской и в гамма-области на двух спутниках: американском PVO и японском «НАКУСНО». Счетчики «НАКУСНО» работали в областях энергий 1—12 кэВ, 12—30 кэВ и 35—65 кэВ. Эти результаты дополнены данными, полученными PVO до 2 МэВ. Как и в предыдущих экспериментах, данные подтверждают, что в областях низких энергий затухание всплески медленнее, чем в областях высоких энергий, а также наблюдается значительное рентгеновское излучение.

Эти работы ученых США и Японии были представлены на симпозиуме «Транзиенты высокой энергии в астрофизике» (США, 1984 г.).

Кандидат физико-математических наук
Э. В. ЭРГМА



Доктор физико-математических наук
В. Н. ЖАРКОВ
Доктор физико-математических наук
Н. В. КОНДОРСКАЯ

Ассамблея геофизиков в Индии

Региональная ассамблея Международной ассоциации сейсмологии и физики недр Земли, которая проходила в индийском городе Хайдарабаде с 31 октября по 7 ноября 1984 года, была первой региональной ассамблеей этой ассоциации в Юго-Восточной Азии. В ее работе приняло участие более 400 ученых, из них 75 — из научно-исследовательского института в Хайдарабаде, около 200 — из геофизических учреждений Индии и около 150 человек — из различных стран мира. На ассамблею прибыли делегации стран Европы, Северной Америки, Азии, а также Австралии. В советскую делегацию, возглавляемую профессором Н. В. Кондорской (Институт физики Земли АН СССР), вошли член-корреспондент АН СССР Н. В. Соболев (Институт геологии и геофизики СО АН СССР), профессор В. Н. Жарков (Институт физики Земли АН СССР) и доктор геолого-минералогических наук Ф. Н. Юдахин (Институт сейсмологии АН КиргССР).

В наших кратких заметках невозможно рассказать обо всех научных проблемах, которые обсуждались на 11 симпозиумах ассамблеи, поэтому мы расскажем лишь о некоторых, наиболее интересных.

Большое внимание на ассамблее уделялось прогнозу землетрясений. Во многих докладах было показано, что аномалии геофизических характеристик в период подготовки сильных землетрясений имеют сложный и нерегулярный характер и проявляются на больших территориях. Китайские геофизики несколько своих докладов посвятили катастрофическому землетрясению 27 июля 1976 года в районе Танг-

шаня. Несмотря на ряд отчетливо наблюдавшихся предвестников этого землетрясения, их противоречивость и неоднозначность не позволила вовремя дать прогноз. Землетрясение полностью разрушило город Тангшань, где погибло более 240 тысяч жителей.

Основное направление prognostических работ, преобладавшее на ассамблее, было связано с изучением процесса в очаге землетрясения, причем изучение это проводится как путем моделирования, так и исследованием временного фактора на базе новых наблюдательных цифровых систем группирования, позволяющих проводить детальный анализ с помощью вычислительной техники. Большое значение здесь приобретают неоднородности строения среды. В докладах М. Висса (США) и Д. Пуркару (ФРГ) сделаны выводы о значительных неоднородностях в очаговых зонах, авторы выделили «жесткие» и «мягкие» очаговые зоны, для которых и системы предвестников землетрясений оказались разными. Президент Международной ассоциации сейсмологии и физики недр Земли З. Сузуки (Япония) показал в своем докладе, что мощным инструментом распознавания форшоков (толчков, предшествующих землетрясению) на записях фоновых землетрясений могут быть спектры объемных сейсмических волн. Они дают возможность следить за обстановкой в районе очага готовящегося сильного землетрясения.

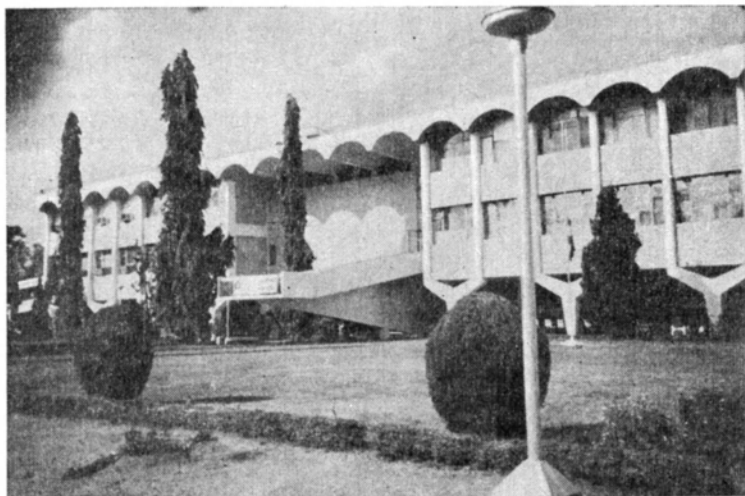
Многообразие представленных на ассамблее результатов по поиску новых предвестников говорит, во-первых, о широком фронте исследований в этом направлении и, во-вто-

рых, о сложности самой проблемы. Проблему эту, как стало ясно из докладов, обсуждавшихся на ассамблее, нельзя решить в рамках применяющихся сейчас линейных моделей процессов. Поэтому делаются попытки построить новые, нелинейные модели, которые учитывали бы блоковую неоднородность среды. Вопросы оценки сейсмической опасности обсуждались особенно активно в связи с тем, что Северная Индия — одна из самых активных сейсмических зон в мире.

В своем докладе Д. Брюн (США) просуммировал результаты обширной программы работ, связанных с созданием в Калифорнии цифровых систем группирования (для записи сильных движений грунта) на суше и в океане. Для роев землетрясений (предшествующих главному толчку многочисленных мелких ударов), происшедших в 1978 году в Калифорнии и Мексике, удалось также получить данные цифровой регистрации сильных движений в ближней зоне. Интересны данные крупномасштабной цифровой системы группирования для регистрации сильных движений на острове Тайвань. Работы проводятся под руководством Б. Болта (США). В процессе работы созданы новые алгоритмы, применяемые при анализе цифровых записей. В результате сильные движения на острове Тайвань удалось описать теоретическими моделями, которые дают объяснение пространственным и временным вариациям этих сильных движений.

В Индии создана первая система группирования для записи сильных движений грунта, состоящая из 50 станций.

Научно-исследовательский геофизический институт в Хайдарабаде. Здесь проходила региональная ассамблея Международной ассоциации сейсмологии и физики недр Земли, первая в Юго-Восточной Азии



С ее помощью получен большой наблюдательный материал, который используется для оценки сейсмической опасности и предсказания таких движений. Индийские сейсмологи сделали интересный вывод, что развитие очага землетрясения сильно влияет на спектральный состав движений грунта. Например, установлено, что движение с частотой около 5 Гц генерируется скольжением грунта на малых расстояниях с линейными размерами порядка полукилометра. Довольно большие смещения почвы зарегистрированы от сравнительно слабых (с магнитудой 5,0) землетрясений. Это может объясняться относительно высоким скачком напряжений и влиянием осадочных пород. Высокочастотный характер движений почвы отмечается при неглубоких (10—12 км) землетрясениях. Все эти работы представляют несомненный интерес для изучения процесса подготовки землетрясений.

Во многих работах индийских и китайских ученых обсуждались данные наблюдений цифровых систем для расчета более точных энергетических параметров источника и распределения энергии в сейсмическом излучении. В Китае ученые определили многие динамические параметры очагов в широком диапазоне энергии,

включая и очень слабые землетрясения с магнитудой 1,0. Делалось это на основании новой сейсмологической системы из девяти цифровых станций, на которых установлены длиннопериодные сейсмографы и акселерометры. Индийские сейсмологи, определяя динамические параметры очагов землетрясений, изучают спектры поверхностных сейсмических волн и углы поляризации поперечных волн.

Большое внимание на ассамблее уделялось проблемам геотермики, которые обсуждались на двух симпозиумах (по тепловому потоку и тепловому режиму Земли и по физике земных недр). В. Н. Жарков предложил упрощенную теорию теплового состояния земных недр, в которой конвективная мантия Земли разделяется на тепловые пограничные слои (слои с большими градиентами температуры) и адиабатические ядра (области с адиабатическим распределением температуры). В докладе В. Н. Жаркова, П. Б. Карпова и В. В. Леонтьева предложена качественная теория теплового режима теплового пограничного слоя мантии на границе с земным ядром. Авторы выдвинули гипотезу, согласно которой распад и формирование этого слоя, возможно, приводит к смене полюсов земного

геомагнитного диполя, и, таким образом, предложили физическое обоснование для геомагнитной хронологической шкалы. Это обусловлено тем, что постепенная замена перегретого материала в двухсоткилометровом слое на дне мантии на «холодный» материал из вышележащей мантии приводит к сильным возмущениям магнитогидродинамических течений в ядре Земли.

В докладе С. Уеды (Япония) был дан обзор теплового режима японских зон субдукции (зон, где согласно концепции тектоники литосферных плит одна океаническая плита поддвигается под другую). Восточно-Японская дуга, включающая Курильские острова, Северо-Восточную японскую дугу и Бонин-Марианскую дугу, под которые погружается старая мезозойская часть Тихоокеанской плиты, характеризуется высокими значениями теплового потока со стороны континента и низкими — со стороны океана. Такая картина теплового потока свойственна многим зонам субдукции. У Марианской впадины наблюдаются очень сильные вариации плотности теплового потока, что указывает на существенную гидротермальную активность. В Западно-Японской дуге, включающей Юго-Западную дугу Рюкю, распределе-



В перерыве между заседаниями.
Слева направо:
заместитель директора
Института сейсмологии
АН КиргССР
доктор
геолого-минералогических
наук Ф. Н. Юдахин,
заместитель директора
Института геологии
и геофизики СО АН СССР
член-корреспондент
АН СССР
Н. В. Соболев,
руководитель
отдела сейсмологии
Токийского университета
профессор С. Уеда

Группа ученых, принимавших участие в ассамблее.

Слева направо:

М. Пирхонен (Финляндия),
председатель комиссии
по сейсмологической
практике Международной
ассоциации сейсмологии
и физики недр Земли
профессор Н. В. Кондорская,
руководитель проекта
обучения наукам о Земле
в Нигерии

Д. Е. Аджаная,
руководитель
финско-замбийского
геофизического проекта
профессор М. Пирхонен



ние теплового потока совершенно иное, чем в Восточно-Японской дуге. В Юго-Западной Японии, где происходит субдукция молодой плиты бассейна Шикоку, у океанической впадины (Тронг Нанкан) зарегистрированы высокие значения теплового потока, в то время как распределение теплового потока у дуги Рюкю имеет тот же характер, что и у Марианской дуги. По мнению С. Уеды, будущие исследования должны точно определить переходную зону между областями высокого и низкого теплового потока в Северо-Восточной Японии и у дуги Рюкю, а также дать более детальное распределение теплового потока для дуги Юго-Западной Японии и в зонах столкновения литосферных плит.

В докладе мексиканского ученого С. П. Верма было показано, что геологические и геохимические данные позволяют судить об объеме и химической природе **приповерхностных магматических тел**, их вероятной температуре и глубине, а все эти параметры нужны для лучшего понимания геотермического поля Земли. Этот метод поиска магматических тел намного экономичнее сейсмического метода, он успешно применялся в Мексике.

Советский ученый Ф. Н. Юдахин сделал доклад о структуре и динамике литосферы Тянь-Шаня. В основе доклада лежала комплексная геолого-геофизическая интерпретация данных о скоростях сейсмических волн, сейсмичности, тепловом потоке и гравитационных аномалиях рассматриваемой территории. Автор обратил внимание на заметное различие между юго-западной и северо-восточной частями этой горной области, разделенными гигантским разломом земной коры. В докладе М. Л. Гупты с сотрудниками (Индия) была продемонстрирована карта **теплового потока полуострова Индостан**.

Канадские ученые во главе с А. Е. Беком разработали методику измерения теплового потока в континентальных озе-

рах. Зонд погружается в осадки на глубину нескольких метров, но для получения надежных результатов необходимо, во-первых, в течение нескольких лет непрерывно регистрировать температуру поверхности осадочного слоя и, во-вторых, должна быть известна зависимость тепловых свойств осадков от глубины. Доклад канадского ученого Ф. У. Джонса с соавторами был посвящен тепловому режиму в западном канадском осадочном бассейне по измерениям в скважинах. Данные эти производят впечатление, ведь измерения выполнены в 28 тысячах скважин. Они сопровождались работами по поиску нефти и гидротермальных ресурсов, и благодаря им построена детальная картина теплового режима исследованной территории. Французские геофизики во главе с Ж. Вассером доложили об исследованиях теплового потока в Западной Африке. Измерения там проводились в скважинах глубиной в несколько сотен метров, предназначенных для поиска воды и полезных ископаемых, а также в нефтяных скважинах. Они показали, что тепловой поток в этом регионе неравномерен по территории.

Доклад Ван Джияна с сотрудниками (Китай) был посвящен измерению теплового потока в бассейне реки Ляохэ в Северном Китае. Бассейн представляет собой сложную внутриконтинентальную рифтовую систему в Северном Китае. Авторы показали, что величина теплового потока здесь сильно зависит от толщины слоя кайнозойских осадков, коэффициента теплопроводности пород фундамента и осадочного покрова, конфигурации рельефа территории. С помощью специального математического метода выполнено численное моделирование теплового режима в этом регионе и выделен еще один фактор, маскирующий тепловой поток — это грунтовые воды. На глубине меньше 1000 м они сильно искажают картину регистрируемого теплового потока — фактически понижают

температуру и геотермические градиенты. Глубже водоносного горизонта температурное поле не возмущено, и здесь можно получить истинные значения геотермического градиента.

На ассамблее был сделан доклад Н. В. Кондорской и И. А. Киреева, в котором приводились оценки величины **максимального землетрясения** в депрессионных структурах. Оценки сделаны на основании совместного анализа сейсмологических и геотермических параметров. В результате внутри земной коры был выявлен слой, толщина которого ограничивает энергию максимального землетрясения.

Ряд интересных сообщений был сделан на симпозиуме по физическим свойствам материалов. М. Мангхрани с сотрудниками (США) рассказали об исследовании скоростей продольных и поперечных сейсмических волн в Сомалийском офиолите. Как известно, этот комплекс пород, обнаруженный в Омане, представляет собой хорошо сохранившийся фрагмент океанической коры древнего океана Тетис. В лаборатории определялись скорости продольных и поперечных волн как функции давления (до 10 кбар) и температуры (до 300° С). В результате удалось построить детальное распределение скоростей волн на различной глубине в земной коре.

Доклад С. К. Банержи (США) был посвящен **магнитоупругим эффектам горных пород** в зонах столкновения литосферных плит, при этих столкновениях возникает долгопериодное поле напряжений. Поскольку магнитный «отклик» горных пород при краткосрочном действии напряжений и долгосрочном их действии (10^4 — 10^6 лет) имеет качественные различия, то при интерпретации палеомагнитных данных в зонах столкновения плит необходимо вносить существенные поправки. Авторы предложили теорию, которая с помощью лабораторных измерений дает возможность получить эти поправки.

На специальном симпозиуме ассамблеи обсуждались во-



Л. И. ГУРВИЦ

Конференция молодых радиоастрономов

С 17 по 21 сентября 1984 года в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР (САО) прошла XVII Конференция молодых европейских радиоастрономов (КМЕРА-XVII-1984). В ней приняли участие более 80 молодых специалистов из 11 стран Европы: Болгарии, Великобритании, Италии, Нидерландов, Польши, СССР, Финляндии, Франции, ФРГ, Чехословакии, Швеции.

Ежегодное проведение таких конференций не имеет пока аналогов в других областях естественных наук. В СССР совещание молодых европейских специалистов проводится уже вторично: в 1979 году конференция (КМЕРА-XII) проходила на Радиоастрономической станции Физического ин-

ститута имени П. Н. Лебедева (ФИАН) в г. Пушчино. Организаторами конференции КМЕРА-XVII были Научный совет по проблеме «Радиоастрономия» и Специальная астрофизическая обсерватория АН СССР. Возглавлял оргкомитет заместитель директора САО член-корреспондент АН СССР Ю. Н. Парийский.

Открывая конференцию, председатель исполкома Карачаево-Черкесского областного Совета народных депутатов В. Н. Хубнев и директор САО АН СССР доктор физико-математических наук И. М. Копылов пожелали успехов в работе конференции и выразили надежду, что молодость ее участников, великолепная природа и, наконец, усилия оргкомитета

превратят КМЕРА-XVII в яркое, надолго запоминающееся событие в жизни собравшихся здесь молодых радиоастрономов.

Научная программа конференции состояла из 4 тематических разделов: «Внегалактическая радиоастрономия», «Галактическая радиоастрономия», «Радиоастрономия Солнечной системы», «Методика и аппаратура радиоастрономических исследований».

Программа секции «Внегалактическая радиоастрономия» включала 24 доклада. Несколько работ посвящались исследованию статистики распределения удаленных радиоисточников. Из них с большим вниманием был встречен доклад Ж. ван Хееде (Нидерланды), позна-

просы обучения и организации исследований в области наук о Земле в развивающихся странах. Здесь необходимо отметить большой научный проект по изучению сейсмичности и сейсмотектоники Гималаев, созданный в Индии. В рамках проекта, включающего много научно-исследовательских программ, предусматривается организовать дополнительные сети сейсмических станций для регистрации микросейсм в различных районах Гималайского пояса. В 1978 году в Индийском штате Керала создан Центр наук о Земле, координирующий работу в этой области по всей стране.

Интерес к исследованиям в области геофизических наук

отмечается в Нигерии, где создан специальный обширный проект обучения наукам о Земле. Активно развиваются сейсмические наблюдения в Замбии, где с июня 1984 года начала работать сейсмическая сеть станций, созданная геологическими службами Замбии совместно с Институтом сейсмологии Хельсинкского университета.

В кратких заметках нет возможности подробно рассказать о работах, посвященных изучению Гималаев, Тибета, Памира и Гиндукуша — регионов со сложным строением земной коры и верхней мантии. Все доклады на эту тему исходили из представлений тектоники плит, согласно которым

строение этих регионов оформилось в результате столкновения Индийской и Евроазиатской плит.

Региональная ассамблея Международной ассоциации сейсмологии и физики недр Земли прошла в Хайдарабаде на высоком научном уровне. Всюду в Индии советские ученые встречали дружелюбное отношение, внимание, желание сотрудничать. Мы надолго сохраним память об этой великой стране и ее дружественном народе.

комивший слушателей с тем, как обнаружили новую популяцию слабых внегалактических радиоисточников. Эту популяцию характеризует не нашедший пока объяснения вид зависимости «количество источников — наблюдаемый поток радиоизлучения». Большое число докладов «внегалактической» тематики посвящалось проблеме исследования структуры радиоисточников и механизмов генерации излучения. Несмотря на молодость, авторы этих работ продемонстрировали свободное владение самыми сложными современными техническими средствами радиоастрономии. О своих наблюдениях внегалактических объектов с использованием глобальных радиоинтерферометрических сетей, состоящих из крупнейших радиотелескопов мира, рассказали Г. Пилбрат (Швеция), А. Зенсус (ФРГ), Ж. де Ваард (Нидерланды). Сотрудник Кантейновского астрономического института Т. Оостерлоо (Нидерланды) посвятил свой доклад критическому анализу накопленного наблюдательного материала по эффекту гравитационной линзы (Земля и Вселенная, 1983, № 5, с. 22.—Ред.). К. Алиакберов (СССР) привел результаты ведущихся на РАТАН-600 наблюдений скоплений галактик. Эти наблюдения, в частности, дают верхний предел эффекта Зельдовича — Сюняева (Земля и Вселенная, 1978, № 3, с. 62.—Ред.), — эффекта уменьшения интенсивности реликтового излучения в направлении на скопления галактик, содержащих горячий газ. С большим интересом был встречен доклад Д. Скулачева (СССР) о результатах эксперимента «Реликт» на борту ИСЗ «Прогноз-9».

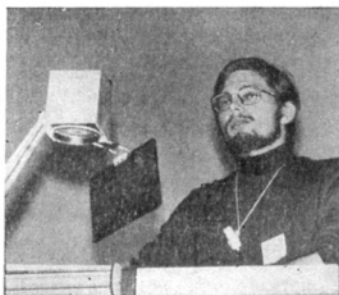
Самой представительной на конференции была секция «Галактическая радиоастрономия» — 35 докладов. Эти доклады охватывали несколько направлений: исследование пульсаров и остатков вспышек сверхновых, радиоспектроскопия молекулярных облаков, проблемы звездообразования. О наблюдениях остатков сверхновых — радиоисточника Кас-



Директор САО АН СССР доктор физико-математических наук И. М. Копылов приветствует участников конференции

сиопея А и Крабовидной туманности — на рекордно низких для радиоастрономии частотах 5,6 и 8,8 МГц рассказал В. Никонов (СССР). Обзор обширных наблюдательных данных по нейтральному водороду в остатках сверхновых сделал Р. Браун (Нидерланды). Два доклада — Д. Грин (Великобритания) и А. Коваленко (СССР) — были посвящены исследованию чрезвычайно интересного и во многом еще загадочного объекта Петля Лебедя (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 15.—Ред.).

Выступает А. Романов (СССР)



Проблемы исследований молекулярных облаков, мазерных источников радиоизлучения и ранних стадий формирования звезд были, пожалуй, наиболее популярными на секции «Галактическая радиоастрономия». Вся совокупность докладов по этим вопросам могла бы составить ядро специального семинара по проблемам ранних стадий формирования звезд и звездных систем. Нередко доклады, сделанные на конференции, удачно дополняли друг друга. Так, работы А. Романова (СССР) и М. Андерсона (Швеция) были посвящены исследованию источника Орион KL. В первой работе методами сверхдлиннобазовой радиоинтерферометрии (Земля и Вселенная, 1983, № 1, с. 4.—Ред.) изучалась структура вспышки мазерного излучения в этом источнике, во второй — излучение молекул метилциана и метилацетилена как индикаторов температуры, плотности и обилия молекул.

Исследования пульсаров находятся сейчас в той стадии, когда огромный массив накопленного наблюдательного материала требует тщательной систематизации и согласованных обобщений. Усилия ученых по созданию единой теории радиоизлучения пульсаров пока не увенчались успехом. В этих условиях выделение из наблюдений скрытых закономерностей приобретает особую ценность. Именно поэтому внимание О. Кузьмина, В. Пугачева, В. Липунова (СССР), М. Ашфорта (Великобритания) привлекли тонкие наблюдаемые эффекты радиоизлучения пульсаров, в частности дрейф субимпульсной структуры, а также микроструктура импульсов, особенности поляризации радиоизлучения.

О наблюдениях давно предсказанных рекомбинационных радиолиний углерода в метровом диапазоне длин волн рассказал А. Ершов (СССР). Эта работа, выполненная совместно радиоастрономами ФИАН и ГАИШ, открывает важные перспективы по изучению физических условий в межзвездной среде.



**Выступают
зарубежные участники
конференции.**

Слева направо:

В. Ягерс

(Лейденская обсерватория,
Нидерланды),

А. Хеске

(Гамбургская
обсерватория, ФРГ),

Р. Браун

(Лейденская обсерватория,
Нидерланды)

**Председатель
оргкомитета КМРА-XVII
член-корреспондент АН СССР
Ю. Н. Парийский знакомит
участников конференции
с радиотелескопом
РАТАН-600**



Одними из наиболее заметных не только в рамках солнечно-планетной секции, но и в целом на конференции, стали доклады сотрудников Института радиотехники и электроники АН СССР (ИРЭ) В. Синило и А. Захарова, представивших работу большого коллектива ученых по исследованию поверхности Венеры с борта АМС «Венера-15» и «Венера-16» (Земля и Вселенная, 1984, № 1, с. 2.—Ред.). С большим интересом был встречен видеофильм о структуре поверхности Венеры, синтезированный вычислительной машиной, который продемонстрировали сотрудники ИРЭ АН СССР.

Большая часть докладов солнечно-планетной секции была посвящена исследованиям Солнца. В. Коновалов и С. Макагонов (СССР) представили результаты наблюдений Солнца на крупнейших советских радиотелескопах РАТАН-600, ТНА-1500 и РТ-22 (Пушино). Об исследованиях Солнца, ведущихся в астрономической обсерватории Ягеллонского университета, рассказал М. Ханкус (Польша). Интересной работе по картографированию солнечного ветра радиотелескопическими методами, проводимой в Муллардской обсерватории, посвятил свой доклад Дж. Таппин (Великобритания).

Планетная радиоастрономия, передав эстафету космическим аппаратам в изучении ближайших к Земле соседей по Солнечной системе, перенесла свой

интерес на дальние планеты. Об одном из таких исследований рассказал М. Мингалиев (СССР), проводивший наблюдения Урана на РАТАН-600 в сантиметровом диапазоне длин волн. Эти наблюдения дают исходные данные для построения модели физических условий на поверхности планеты.

Завершала программу конференции секция «Методика и аппаратура радиоастрономических исследований». Здесь прозвучали сообщения о введенных недавно в строй Сибирском солнечном радиотелескопе (С. Коновалов, СССР), новом 14-метровом радиотелескопе

**Клодин Кахана (Франция)
предлагает провести
следующую конференцию
молодых радиоастрономов
в Гренобле**



миллиметрового диапазона обсерватории Мецахови (Э. Салонен, Финляндия), 30-метровом итальянском радиотелескопе, предназначенном для работы в составе европейской радиointерферометрической сети (Дж. Коморетто, Италия). Проблемам создания аппаратуры для наблюдения радиоизлучения Солнца посвятили свои доклады М. Комари (Италия) и К. Жиричка (Чехословакия). С большим артистизмом (это особо было отмечено оргкомитетом конференции) и великолепным владением материалом сделал доклад о применении методов радиointерферометрии в геодезии сотрудник Делфского технического университета Ф. Брауер (Нидерланды).

Рассказ о научной программе КМЕРА-XVII был бы неполным без упоминания о единственной внесекционной лекции «Раздувающаяся Вселенная», с которой выступил доктор физико-математических наук А. Д. Линде (СССР). На протяжении двух часов слушатели, а среди них были не только участники конференции,

но и сотрудники САО, оказались «погруженными» в захватывающе интересный мир космологии. В рамках отчета о конференции невозможно осветить научные аспекты доклада А. Д. Линде — это предмет специальной публикации. Что же касается эмоциональной стороны, то грандиозность нового взгляда на космологию раздувающейся Вселенной может потрясти воображение даже профессионалов, привыкших оперировать величинами астрономических масштабов. Блестящая лекция А. Д. Линде, без сомнения, оказалась эффективным стимулятором новых идей, разработка которых — достойное дело для молодых радиоастрономов.

Для участников конференции были организованы специальные экскурсии, знакомящие с крупнейшими астрономическими инструментами, которыми располагает САО АН СССР, — 6-метровым оптическим телескопом и 600-метровым радиотелескопом. Эти экскурсии стали емким дополнением научной программы конференции.

Молодые радиоастрономы смогли познакомиться и с творчеством фольклорных самодельных ансамблей Карачаево-Черкессии, средневековыми памятниками архитектуры, побывали у мемориала защитников Кавказа в годы Великой Отечественной войны, в живописных окрестностях Верхнего Архыза.

Покидая гостеприимную землю Карачаево-Черкессии, участники КМЕРА-XVII единодушно отметили великолепную организацию конференции, радушие и заботу, проявленные всем коллективом САО АН СССР.

На закрытии конференции представитель французской делегации член оргкомитета КМЕРА-XVIII-1985 Клодин Кахане огласила предложение Гренобльского университета провести следующую конференцию молодых радиоастрономов в Гренобле. Приглашение было с благодарностью принято.

НОВЫЕ КНИГИ

«Микроэлементы — благо и зло»

Так называется научно-популярная книга Л. Г. Бондарева, вышедшая в 1984 году в издательстве «Знание». Посвящена она проблеме изменения концентрации микроэлементов в воздухе, природных водах, почве, живых организмах в результате хозяйственной деятельности человека. Книга состоит из пяти глав. Тема первой главы — распространение микроэлементов в природе, их полезное и вредное воздействие на человеческий

организм. Автор дает представление о геохимической экологии — новой отрасли знания, исследующей формирование и развитие живого вещества планеты в зависимости от химизма окружающей среды.

Различные геохимические аномалии на земном шаре, вызванные природными процессами (например, взрывами вулканов), особенности вод суши и океана, местами содержащих повышенное количество вредных элементов, — тема второй главы. Как вредные микроэлементы поступают в сферу жизни человека? Что такое металлургический «пресс» на биосферу и какова реальная опасность от развития автотомобилизма? Почему «слабый пол» сильнее сопротивляется отравлениям? Как свинец сва-

зан со стрессом? На эти вопросы автор отвечает в третьей главе книги.

В век технического прогресса, когда резко меняются привычные геохимические константы, человечество обязано выработать определенную стратегию поведения. Изоляция загрязнений, новая малоотходная, «щадящая» технология — эти проблемы нашли отражение в двух последних главах. Автор затрагивает и социальный аспект проблемы загрязнения, показывает, что объективно борьба за мир сливается с борьбой за сохранение здоровой среды обитания, с борьбой за чистоту нашей планеты.



Сорок рейсов «Академика Курчатова»

21 декабря 1966 года вышло в первый рейс научно-исследовательское судно Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР «Академик Курчатов». Советский экспедиционный флот пополнился прекрасным судном нового типа, способным выполнять обширные комплексные океанологические исследования в любом районе Мирового океана. В двадцати шести лабораторных помещениях размещалось современное оборудование и приборы, на палубе — надежные механизмы и средства для исследовательских работ за бортом судна.

«Академик Курчатов» был построен в ГДР по проекту, разработанному советскими кораблями, а руководил созданием судна начальник Отдела морских экспедиционных работ АН СССР дважды Герой Советского Союза И. Д. Папанин. «Академик Курчатов» стал первенцем научно-исследовательских судов этой серии, таких, как «Академик Вернадский», «Дмитрий Менделеев», «Профессор Зубов», «Академик Ширшов», «Академик Королев», «Профессор Визе».

Новое судно ориентировали прежде всего на проведение геолого-геофизических исследований. И уже в первом рейсе, когда проходили испытания всего комплекса геофизической аппаратуры, удалось

получить интересные научные результаты. Например, экспедиция добыла со дна глубоководной впадины Романш образцы ультраосновных пород, и было установлено, что напряженность магнитного поля здесь выше (7000 γ) по сравнению с величиной, нанесенной ранее на карту (4000 γ). В первом рейсе была опробована аппаратура для гидрофизических, биологических и других работ. Однако в дальнейшем больше всего рейсов «Академика Курчатова» было посвящено гидрофизике.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

60—70-е годы стали переломными в изучении океана, в понимании природы его динамики. Все началось с двух специализированных рейсов «Витязя», организованных по предложению профессора В. Б. Штокмана в северо-западную часть Индийского океана. Тогда впервые на полигонах длительное время исследовали изменчивость гидрофизических полей.

«Витязь» проторил дорогу к дальнейшим экспедиционным исследованиям, увенчавшимся крупными океанологическими открытиями. Прежде всего это советский эксперимент «Полигон-70» (Земля и Вселенная, 1971, № 3, с. 6.—Ред.). Несколько советских научно-ис-

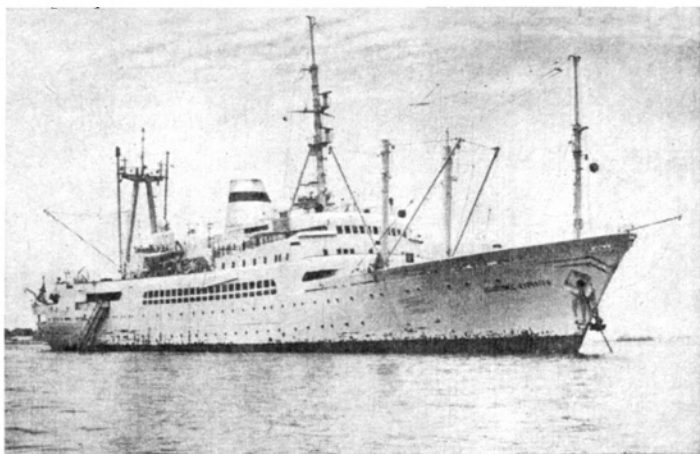
следовательских судов, и в их числе «Академик Курчатов» (он совершал тогда свои 7-й и 8-й рейсы), в течение семи месяцев вели наблюдения на крестообразном полигоне — двух пересекающихся профилях — с помощью автоматических буйковых станций. Анализ накопленного экспериментального материала показал, что в водной толще на полигоне почти все это время присутствовал эллипсоидальный 400-километровый вихрь, вытянутый в направлении северо-запад — юго-восток. Этот океанский антициклон со скоростью 5 см/с перемещался на запад. Позднее выяснилось, что вихрь этот был не единственный, целый «пакет» расположенных в шахматном порядке вихрей — за антициклоническим следовал циклонический — двигались по полигону. Это было крупное открытие: оказалось, океан «пронизан» вихрями, энергия которых чуть ли не на порядок превышает энергию средних течений (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 14.—Ред.). Но откуда берутся такие вихри? Как они связаны с колебаниями в атмосфере? Неясными были и многие другие вопросы.

Ответить на них призван был советско-американский эксперимент ПОЛИМОДЕ, который в 1977—1978 годах проводился в Саргассовом море (Земля и Вселенная, 1977, № 2, с. 65.—

Ред.). В реализации этой программы, целью которой было исследовать океанские возмущения (волны и вихри) синоптического масштаба и их взаимодействие, большую роль сыграли экспедиции на «Академике Курчатове». Он выполнил на полигон ПОЛИМОДЕ три рейса.

Водная толща Саргассова моря во время полигонных исследований характеризовалась волновыми и вихревыми возмущениями, которые классифицировали как вихри открытого океана, в отличие от фронтальных вихрей, связанных с Гольфстримом. Изучению вихрей открытого океана были посвящены программы последующих рейсов «Академика Курчатова», выполненных в Северной Атлантике. В северо-западной Атлантике экспедиция на «Академике Курчатове» открыла Антило-Гвианское противотечение — поток, разделяющий Антильское и Гвианское течения. (Переносимая им водная масса всего лишь вдвое меньше объема вод Гольфстрима.) Шестеро участников этих рейсов на «Академике Курчатове», открывших также течение Ломоносова, во главе с членом-корреспондентом АН СССР В. Г. Жортом были удостоены Государственной премии СССР.

Несколько десятилетий назад вошло в обиход выражение: «Арктика — кухня погоды». Шторм Арктики тогда еще только начинался: огромные ледяные пространства были поистине миром «белого безмолвия». В то время думали, что вторгающиеся в средние широты массы арктического воздуха имеют весьма серьезные последствия для погоды в этих широтах. Позднее стали



Судно «Академик Курчатов»

считать, что погода «готовится» в тропиках. Исследования показали, что тропики — мощный источник, из которого черпается энергия для движения атмосферы всего земного шара. В 1972 году в экваториальной Атлантике советские ученые провели Тропический эксперимент (ТРОПЭКС-72), в котором было занято шесть научно-исследовательских судов, и среди них «Академик Курчатов». В эксперименте изучался метеорологический режим, а также взаимодействие океана и атмосферы. Два года спустя в Атлантическом океане удалось выполнить обширную программу — Международный тропический эксперимент (АТЭП), и опять немалую роль сыграл «Академик Курчатов».

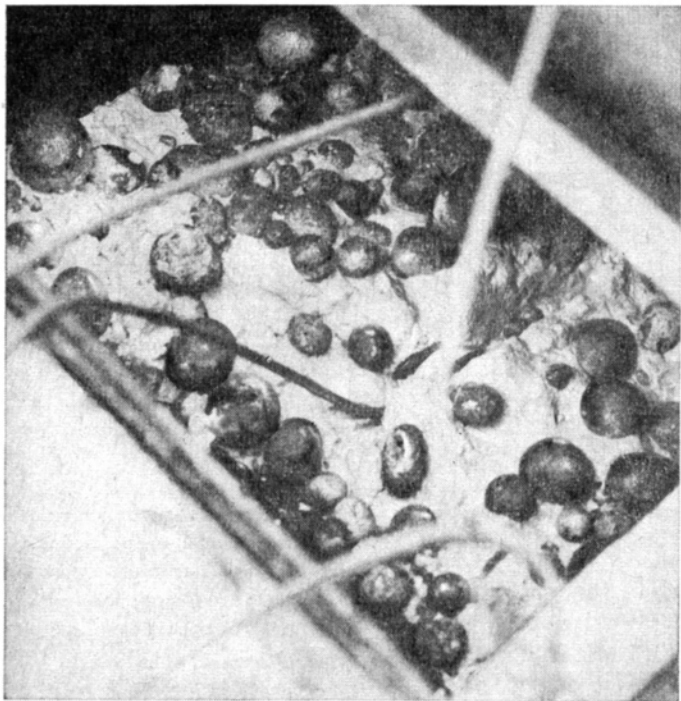
В рамках международной программы исследования глобальных атмосферных процессов (ПИГАП) «Академик Курчатов» в 1978 году провел на экваториальный полигон в Атлантике два своих рейса. Наряду с комплексом метеорологических, аэрологических, актинометрических измерений

проводились гидрологические работы, в том числе наблюдения изменчивости подповерхностного течения Ломоносова, открытого советскими океанологами.

Два специальных рейса «Академика Курчатова» были посвящены работе по национальной программе СССР «Разрезы», цель которой — исследовать взаимодействие атмосферы и океана для изучения короткопериодных изменений климата. Работы по этой программе, предложенной академиком Г. И. Марчуком, проводятся в энергоактивных зонах океана, там, где он наиболее динамичен и максимально влияет на климатические колебания в атмосфере. Зимой 1984 года «Академик Курчатов» выполнял исследования по этой программе в паре с новым «Витязем», проводившим свой пятый экспедиционный рейс.

МОРСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Одна из самых актуальных проблем современной морской геологии — изучение рифтовых зон, системы продольных депрессий в срединно-океанических хребтах. Важно это для



Железомарганцевые конкреции на палубе судна

раскрытия закономерностей, которым подчиняется развитие и движение литосферных плит. Такие исследования облегчают и решение практических задач, связанных с поиском полезных ископаемых на дне океана.

Не случайно второй рейс «Академика Курчатова» — уже не экспериментальный, а исследовательский — был снаряжен для геолого-геофизических исследований (совместно с «Витязем») рифтовых зон Индийского океана. Затем последовали три рейса в Атлантику; в одном из них был подробно исследован разлом, пересекающий Срединно-Атлантический хребет в широтном направлении и названный разломом Курчатова. Позднее «Академик Курчатов» исследовал рифтовые зоны Атлантического,

а затем Тихого океана.

Особенное значение для геолого-геофизического изучения Мирового океана имел красноморский рейс судна — тридцатый по счету. Кроме «Академика Курчатова» в экспедиции участвовали научно-исследовательские суда Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР — «Профессор Штокман» и «Акванавт», с которых проводились съемки рельефа и делались геофизические разрезы. Обитаемый подводный аппарат «Пайсис» и необитаемые вооруженные телекамерами аппараты, спускаемые с флагманского судна «Академик Курчатов», дали ценный научный материал о рифтовой зоне Красного моря, включая его уникальные соленосные впадины.

Геологические работы с борта «Академика Курчатова» проводились не только в специа-

лизированных рейсах. В третьем его рейсе с гидрофизической программой провели исследование фосфоритовых конкреций, причем удалось детально проследить процессы и условия их зарождения и формирования. Несколько рейсов научно-исследовательского судна посвящались комплексному изучению процессов образования нефти и газа с тем, чтобы оценить перспективы их добычи. Такие рейсы проводились в Северной Атлантике, Баренцевом море и в Индийском океане.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЙСЫ

Четвертый экспедиционный рейс «Академика Курчатова» стал его первым биологическим рейсом. Чтобы прибыть на основную акваторию работы экспедиции — район Перуанского течения с прибрежным апвеллингом (подъемом вод из глубины к поверхности) — пришлось пересечь Атлантику и через Панамский канал выйти в Тихий океан. Задача экспедиции была сформулирована ее начальником, академиком Л. А. Зенкевичем: «Изучение природного механизма формирования биологической хозяйственно-ценной продукции океана». Биологический эффект Перуанского апвеллинга исключительно велик: на акватории, составляющей ничтожную часть общей площади Мирового океана, в 1970 году добыто 22% мирового улова рыбы. В последующие годы в этот район направлялись еще два специализированных биологических рейса судна, в которых изучались и открывались районы Тихого океана, перспективные для рыболовства.

Советские морские биологи — бесспорные лидеры в изу-

Биологические работы.
На палубе судна — бентосный трал

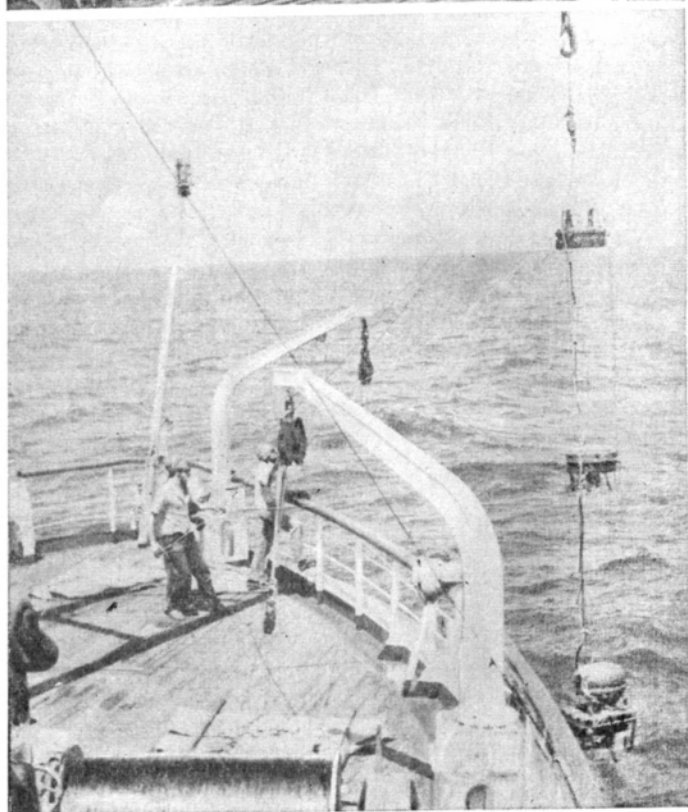
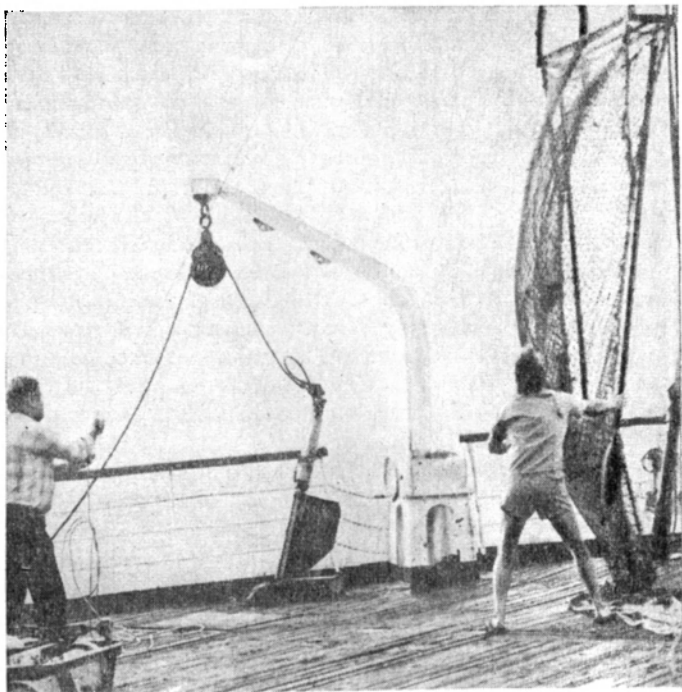
чении абиссальной (глубоководной) и ультраабиссальной фауны океана. «Белыми пятнами» в биологических исследованиях долго оставались глубоководные желоба Карибского региона. Для восполнения этого пробела в 1973 году организуется специальный рейс «Академика Курчатова». Экспедиция детально исследовала фауну желобов и условия ее обитания. Любопытно, что некоторые ее представители нигде больше не встречаются в Атлантическом океане, но зато обитают в восточной части Тихого океана (и только там). Быть может, это свидетельствует о некогда существовавшей связи обоих океанов?

Практика биологических исследований в океане давно установила, что над отдельными подводными поднятиями, хребтами и банками повышается биопродуктивность вод — здесь нередко скапливаются различные промысловые виды животных. Это стало ясно после специально организованного и успешно проведенного экспедиционного рейса на «Академике Курчатове». Той же тематике посвящался рейс «Академика Курчатова» в Балтийском море.

ДРУГИЕ ПРОГРАММЫ

Несколькими годами раньше Балтийское море было объектом изучения на «Академике Курчатове» в связи с загрязнением этого бассейна. Загрязнение не только морей, но все-

Работы по проекту ДЮМАНД.
За борт опускаются детекторы космических мюонов



го Мирового океана, в частности нефтью и нефтепродуктами, сейчас вырастает в серьезную угрозу всему живому в океане. Не случайно во многих рейсах «Академика Курчатова», проходивших по иным программам, нередко проводились наблюдения по загрязнению. Именно экспедиция на этом судне выяснила, что один из самых загрязненных районов Мирового океана — Саргассово море, в его малоподвижных водах в изобилии плавают смоляные комочки — последняя стадия деградации нефтепродуктов.

В рейсах «Академика Курчатова» нередко испытывалась новейшая аппаратура, ставились тонкие физические эксперименты. 37-й и 40-й рейсы судна были посвящены совершенно новой тематике, связанной с регистрацией космических частиц высоких энергий уникальной оптической системой, созданной в Физическом институте имени П. Н. Лебедева АН СССР. Это были исследования по проекту ДЮМАНД, цель которого — регистрация мюонов и нейтринно высоких энергий в океане (Земля и Вселенная, 1984, № 4, с. 78.—Ред.). Морская вода привлекла физиков не только как поглотитель с хорошо известными свойствами, достаточно однородный по плотности, но и как радиатор излучения Черенкова — Вавилова, по которому и регистрируются заряженные частицы высоких энергий. Задачи океанологов в реализации физической программы довольно обширны. Здесь и выбор местоположения полигона в районе с наиболее благоприятными гидрометеорологическими условиями, и его геоморфологическая съемка, и по-

лучение данных о «пассивном» и «активном» океанологическом фоне. Последний — немалая помеха при детектировании одиночных космических частиц по черенковскому излучению. Речь идет о радиоактивных элементах и изотопах — бета- и гамма-излучателях, энергия частиц которых превосходит пороговую энергию эффекта Черенкова — Вавилова. Помехой при детектировании частиц высоких энергий в океане может быть и биолюминесценция...

Научно - исследовательское судно «Академик Курчатов» называют флагманом советского экспедиционного флота. Это почетное звание носил до него «Витязь», с которым неразрывно связана эпоха выдающихся открытий в Мировом океане. Исследования же с борта «Академика Курчатова» начались во время перестройки стратегии и тактики изучения океана. На повестку дня тогда был поставлен вопрос о тематическом характере экспедиционных рейсов с выделением главной задачи, относящейся к какой-то определенной научной дисциплине океанологии. Большинство рейсов «Академика Курчатова» посвящалось гидрофизической тематике. И хотя сейчас появились новые суда, гидрофизики все же предпочитают работать на палубе «Академика Курчатова». Рейсы «Академика Курчатова» всегда проходят по разнообразным — национальным и международным, — всегда актуальным научным программам. А если сложить все рейсы этого авторитетного среди советских и зарубежных океанологов корабля науки, то получится внушительная цифра — 825 тыс. морских миль.



В этом очерке мы расскажем о Тянь-Шаньской высокогорной обсерватории Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга.

Если ясным летним утром вы окажетесь на юго-западной окраине Алма-Аты, то непременно залюбуетесь цепью высоких гор, протянувшихся с востока на запад. Ваше внимание обязательно привлекут два соседних пика. Восточный — пик Советов — правильная пирамида, увенчанная ледником, сверкающим в солнечных лучах, — вызывает восхищение изяществом форм. Западный — Большой Алма-Атинский пик — темная громада, как бы нависающая над городскими микрорайонами. Это вершины Заилийского Алатау, самого северного хребта горной системы Тянь-Шаня. Высочайшие горы хребта поднимаются почти на 5 000 метров над уровнем моря.

От границы города до вершин по прямой линии всего 15—20 километров. Не часто встречается на земном шаре такое тесное соседство неприступных вершин и обжитой равнины. Это замечательное свойство Заилийского Алатау отметил еще Семенов-Тянь-Шанский. Близость вершин к крупному городу во многом

Обсерватория на джайляу

облегчает организацию и обеспечение работы высокогорных научных экспедиций и станций.

От города в сторону гор по ущелью, разделяющему массивы двух пиков — Советов и Большого Алма-Атинского, — уходит дорога. На тридцать восьмом километре ее серпантин приводит к Большому Алма-Атинскому озеру, лежащему у подножия пика Советов. Еще два километра дороги — и вы оказываетесь на обширной ровной травянистой поляне. Такие поляны (показахски «джайляу») используют как летние пастбища овец. Вы-

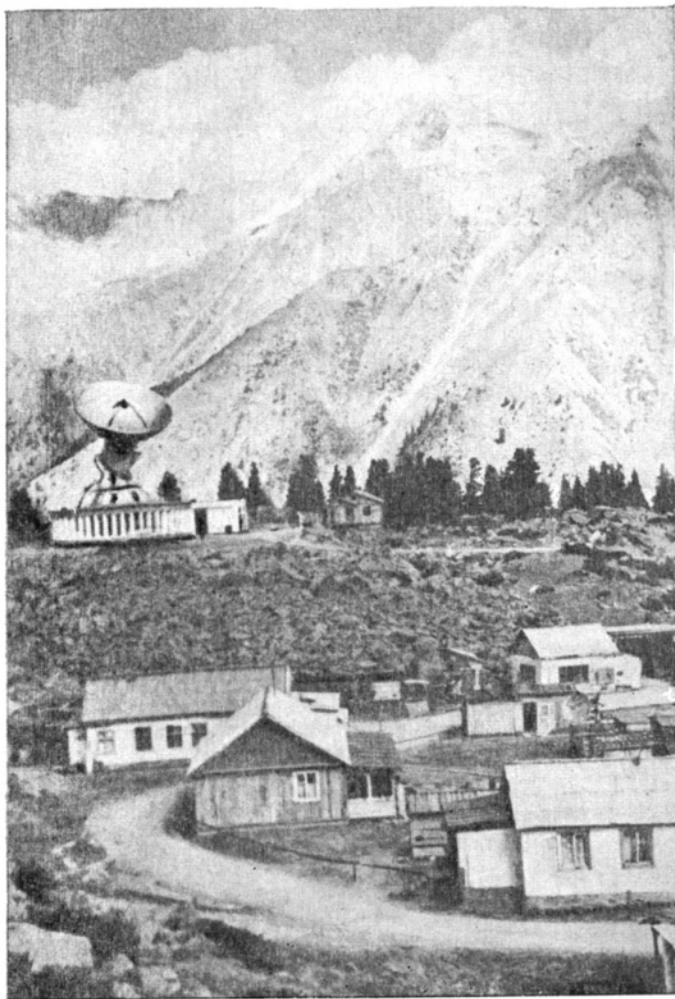
сота ее около 3 000 метров над уровнем моря. Здесь верхняя граница лесной зоны, стройные тянь-шаньские ели обступают поляну с севера и востока; выше поляны елей уже нет — господствуют только камни.

В июле 1957 года сюда поднялась группа ученых Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. Экспедиции, организованной профессорами Московского государственного университета Н. Н. Парийским и Г. Ф. Ситником и возглавляемой кандидатом физико-математических наук Е. А. Макаровой, пред-

стояло выполнить работы по программе Международного геофизического года (1957—1958 годы). В августе на джайляу поставили две войлочные юрты и установили первый астрономический инструмент — небулярный спектрограф системы Н. Н. Парийского. На нем 30 августа 1957 года удалось получить первые при-

Тянь-Шаньская экспедиция ГАИШ в ноябре 1962 года (на переднем плане — горизонтальный солнечный телескоп)





Так выглядит
высокогорная обсерватория
сейчас

годные к обработке спектрограммы свечения ночного неба. Этот день и считается днем рождения Тянь-Шаньской высокогорной обсерватории.

Долгое время во всем мире астрономические обсерватории строились в больших или университетских городах. Пример тому — Гринвичская и Боннская обсерватории в Западной Европе или Пулковская и Московская в России. Однако

ко второй половине XIX века в связи с развитием астрофизики появилась необходимость в обсерваториях нового типа. Для таких обсерваторий требования к астроклимату были более жесткими. Во-первых, значительную часть времени в течение года небо должно быть полностью или почти полностью свободно от облаков; во-вторых, необходимо, чтобы ослабление света земной атмосферой было мало (в частности, мало влияние мельчайшей пыли и других

аэрозолей); и в-третьих, требуется, чтобы диаметр турбулентного диска звезды был минимальным.

К сожалению, найти место, где бы одновременно выполнялись все эти условия, — не так просто. Очевидно, что больше всего отвечают таким требованиям высокогорные районы. Например, в некоторых областях Памира и Тянь-Шаня число ясных дней в году максимально для нашей страны. На высоте 2500—3500 метров над уровнем моря резко уменьшаются ореолы вокруг Солнца и Луны, так как большая часть атмосферной пыли осталась внизу. Разнообразие горного рельефа позволяет надеяться, что можно найти благоприятные места, где движение атмосферных масс меньше всего будет портить качество изображения. К этому необходимо добавить богатый горный ультрафиолет, который более всего поглощается внизу на равнине.

Астрономы постоянно действующей Тянь-Шаньской экспедиции ГАИШ (так официально называется эта высокогорная обсерватория) уже почти 30 лет используют прекрасный астроклимат гор для высокоточных наблюдений. В настоящее время здесь установлены два зеркальных телескопа АЗТ-14 с диаметром главного зеркала 48 сантиметров, горизонтальный солнечный телескоп, рефрактор системы Куде и короннограф. Ряд штативов предназначен для установки небольших разборных экспедиционных инструментов. Вместо юрт давно стоят удобные деревянные дома. За время существования обсерватории здесь проводились разнообразные астрономические исследования.

Среди них — фотографирование спектров зодиакального света и противосияния, измерения распределения энергии в спектрах звезд, изучение оптических свойств земной атмосферы, прием радиоизлучения от небесных объектов в сантиметровом и миллиметровом диапазонах, электрофотометрия покрытий звезд Луной и другие задачи.

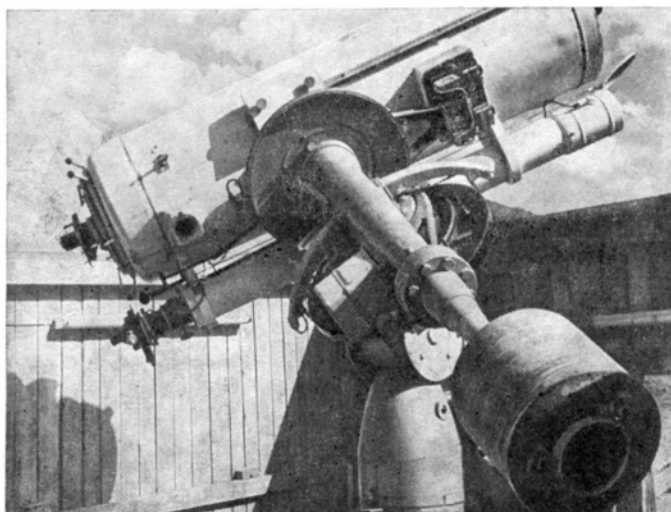
Однако наибольшее внимание ученые экспедиции уделяют двум темам: исследованию физических условий в атмосфере Солнца и многоцветным фотометрическим измерениям блеска постоянных и переменных звезд. На этих работах мы и остановимся подробнее.

На пригорке, возвышающемся на 15 метров над поляной, установлен рефрактор, который используется для фотографирования Солнца. Телескоп оснащен интерференционно-поляризационным светофильтром, выделяющим из солнечного спектра узкий участок, шириной всего в четверть ангстрема, в пределах красной водородной линии H_{α} . Специальное устройство позволяет перемещать этот выделяемый участок на $16 \text{ \AA}$ в обе стороны от центра линии H_{α} . Вне водородной линии свет приходит к нам от фотосферы Солнца — того слоя, в пределах которого солнечное вещество становится непрозрачным для видимого излучения. Центру линии соответствует излучение фотосферы, которое начинает сильно поглощаться вышележащими слоями солнечной атмосферы — хромосферой, поэтому становятся хорошо различимы образования в хромосфере: яркие флоккулы, темные волокна, протуберанцы, солнечные вспышки. Перестройка



48-сантиметровый
рефлектор АЗТ-14

Рефрактор системы Куде



длины волны выделяемого участка спектра осуществляется за короткое время, так что можно за несколько секунд перейти от фотографирования фотосферы к более высоким слоям и обратно. Перемещая полосу пропускания, вы как будто «всплываете» во внешние слои атмосферы Солнца,

а затем вновь погружаетесь в глубину.

Фотографирование Солнца с помощью H_{α} -фильтра дает важные сведения о возникновении и развитии активных областей в солнечной атмосфере. Эти сведения нужны для установления связи между оптическими и радионаблюдениями,

они — основа для всесоюзных и международных научных программ, в выполнении которых активно участвуют ученые экспедиции. Руководит этими работами основатель Тянь-Шаньской экспедиции кандидат физико-математических наук Е. А. Макарова.

На горизонтальном солнечном телескопе в течение многих лет Е. А. Макарова вместе с доктором физико-математических наук А. В. Харитоновым изучали и уточняли распределение энергии в непрерывном спектре Солнца. Кроме чисто научного значения, эти данные важны и для практики, поскольку солнечное излучение служит стандартом для многих метрологических работ, результаты которых используются в самых различных приложениях. Данные о распределении энергии и сведения о физических свойствах типичных протуберанцев, полученные на обсерватории А. И. Кирюхиной, вошли в мировой фонд данных по астрофизике.

На 170-миллиметровом коронографе оригинальной конструкции, на котором были выполнены первые внеатмосферные наблюдения самых внешних слоев солнечной атмосферы — короны, в настоящее время под руководством кандидата физико-математических наук Э. В. Кононовича проводятся наблюдения хромосферы в ультрафиолетовой спектральной линии, принадлежащей ионизованному кальцию. Для этой цели также используется уникальный интерференционно-поляризационный светофильтр.

Традиционная тема исследований в Тянь-Шаньской экспедиции ГАИШ — многоцветные фотоэлектрические измерения световых потоков звезд.

Эти наблюдения ведутся на двух телескопах АЗТ-14, которые позволяют измерять излучение звезд до 15^м. Свет звезды, пройдя оптическую систему телескопа, попадает через светофильтр на светочувствительный фотокатод фотоэлектронного умножителя. На выходе умножителя при этом возникает электрический сигнал, который усиливается и регистрируется электронной аппаратурой.

Фотоэлектрическая фотометрия обладает рядом преимуществ, которые делают ее в настоящее время одним из основных астрофизических методов исследования. И главное из них — высокая точность измерений. Этот метод в принципе пригоден для измерения световых потоков с точностью не хуже 0,1%. Фотометрия с разными светофильтрами дает возможность просто и быстро определять спектральные классы звезд и величину межзвездного поглощения их света, получать надежные кривые блеска переменных звезд. Но высокой точности измерений всегда мешают изменения прозрачности земной атмосферы. В условиях равнинной обсерватории, как правило, за одно измерение не удается определить звездную величину с точностью выше 2—3%. Это намного хуже, чем аппаратная точность фотоэлектрических приемников. Поэтому главная проблема таких измерений — учет изменчивого атмосферного поглощения. Здесь на помощь ученым опять приходят высокоточные условия.

В Зайлийском Алатау максимальное число ясных дней приходится на осенне-зимний сезон. С августа по февраль до двадцати дней и ночей в

месяце — ясные, и больше половины из них отличаются высокой и стабильной прозрачностью. В такую погоду в атмосфере почти нет пыли. Днем вокруг Солнца не заметно какого-либо ореола. И ночью атмосферное поглощение невелико и почти не меняется для данной высоты. Именно таких «фотометрических» ночей за год бывает здесь от 50 до 100. В эти ночи удается повышать точность фотометрии в 5—10 раз, доводя ее до 0,3—0,5%. И астрономы-фотометристы стараются не упустить прекрасную возможность выполнить точные измерения.

В последнее десятилетие одним из важнейших и интереснейших астрофизических направлений стало исследование двойных звездных систем, включающих релятивистские объекты — нейтронные звезды и черные дыры (Земля и Вселенная, 1985, № 1, с. 16.—Ред.). И здесь точность наблюдений зачастую играет решающую роль для верной физической интерпретации явления. Ведь, скажем, у наиболее вероятного кандидата в черные дыры — объекта Лебедь X-1 — полная амплитуда оптической переменности всего 5%. Высокая точность важна и при наблюдениях переменных звезд с малыми амплитудами или при изучении вариаций кривых блеска. Особенно большое значение это имеет, когда характерные изменения излучения происходят за сравнительно короткое время (минуты или десятки минут) и, следовательно, высокой точности измерений нельзя достичь методом накопления и осреднения данных большого интервала времени. Эти и другие работы по фотометрии пе-

ременных звезд, в которых используются благоприятные условия астроклимата экспедиции, успешно ведутся под руководством известного советского астрофизика доктора физико-математических наук А. М. Черепашука.

Условия в высокогорной экспедиции чрезвычайно благоприятны и для проведения фотометрических работ по составлению каталогов. Для таких работ желательно, чтобы все звезды были измерены по единой методике и в идентичных атмосферных условиях. Только тогда можно достичь точности и надежности результатов на уровне мировых современных астрономических требований. Стабильность атмосферной прозрачности в Заилийском Алатау позволяет сделать это. Естественно, что ГАИШ на базе своей Тянь-Шаньской экспедиции уже девять лет ведет наблюдения для составления каталогов фотометрических данных о звездах ярче девятой величины.

Работы ведутся под руководством кандидата физико-математических наук Х. Ф. Халиулина.

При фотометрических исследованиях много внимания уделяется совершенствованию методики и применению современной аппаратуры. Даже такие небольшие телескопы, как АЗТ-14, в сочетании с высококачественными приемниками излучения и новейшей электронной и электронно-вычислительной техникой позволяют эффективно использовать благоприятные наблюдательные условия и проводить научные исследования, находящиеся на переднем крае астрономической науки.

Прекрасный астроклимат, удобное расположение экспедиции привлекают многих ученых других научных учреждений СССР. В содружестве с астрономами ГАИШ здесь ра-

ботают исследователи из Астрофизического института АН Казахской ССР, Института ионосферы АН Казахской ССР, Казанского и Уральского государственных университетов, Горьковского института прикладной физики и других учреждений. Каждый год здесь проходят практику студенты и работают аспиранты астрономического отделения физического факультета Московского университета.

Тянь-Шаньская высокогорная обсерватория — одна из основных наблюдательных баз Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга — продолжает активно развиваться. Совершенствуется ее оснащенность, разрабатываются новые методы наблюдений с целью получения данных высокой точности.

НОВЫЕ КНИГИ

Очерки о людях-звездах

Свою книгу очерков «Люди-звезды» (Л.: Детская литература, 1984) ленинградский пропагандист науки О. Н. Коротцев и журналист В. А. Смирнов посвятили памяти Любови Тимофеевны Космодемьянской. Это дань уважения замечательной женщине, вырастившей и воспитавшей двух Героев Советского Союза — Зою и Александра Космодемьянских. Любовь Тимофеевна была дружна с авторами кни-

ги, помогала им собирать материал, горячо поддержала идею О. Н. Коротцева создать космический мемориал героев Великой Отечественной войны. В честь Любови Тимофеевны, Зои и Александра Космодемьянских названы три малые планеты (№ 2072, № 1793 и № 1977), открытые крымскими астрономами (Земля и Вселенная, 1985, № 3, с. 45. — *Ред.*).

Читатели узнают о многих малоизвестных или совсем неизвестных эпизодах из жизни Зои и Александра Космодемьянских, об экспонатах музея, открытого в школе, где учились герои, и о местах, где они воевали.

Книга состоит из 12 очерков. В первых говорится о детст-

ве Зои и Шуры, их учителях, школьных товарищах. Затем авторы рассказывают о фронтовой жизни героев.

Есть в книге очерки и о других людях, чьи имена носят малые планеты. Несколько из них посвящены кубинским борцам за свободу Че Геваре, Камило Сьенфуэгосу, а также «кубинской Зое» — Тамаре Бунке, отдавшей жизнь за свободу кубинского народа. Рассказывается также о тех ученых, что открывают новые планеты-астероиды, дают им имена.

Заканчивается книга увлекательным космическим путешествием на малую планету «Зоя».



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Кандидат технических наук
И. С. ПАНДУЛ
Кандидат технических наук
С. Н. ШАБАРОВ

Невские наводнения

Наводнения... Из всех стихийных бедствий они причиняют наибольший ущерб, уносят многие человеческие жизни. Убыток от них исчисляется примерно в 12 млрд. долл. ежегодно. Наводнения возникают при подъеме уровня воды в морях, реках и озерах из-за циклонов, нагонных ветров, сильных дождей, снеготаяния, прорыва дамб, землетрясений, цунами. В Индии в 1775 году вследствие сильного урагана, сопровождавшегося ливневыми дождями, уровень воды в реке Хугли поднялся на 11 м, в результате погибло около 200 тыс. человек. Высота волны, порожденной знаменитым Лисабонским землетрясением в 1775 году, достигла у города Кадиса 18 м, что принесло огромный ущерб. При извержении вулкана Кракатау в 1883 году в Зондском проливе возникла волна 35-метровой высоты. Частые наводнения в Египте происходят от разливов Нила: наивысший уровень Нила был зафиксирован в 1874 году, когда вода поднялась на 9,15 м выше ординара. Отклонения уровня воды в реке или другом водоеме обычно исчисляются от его среднего положения (ординара), подсчитанного за какой-то определенный период. Максимальные уровни маркируются (закрепляются) на местности. До настоящего времени сохранились марки, фиксирующие

разливы Нила в Египте с 1750 года до н. э., отметки наводнений в Италии в 1333 и 1557 годов.

Не менее разрушительны наводнения нынешнего века. В 1931 году при разливе реки Янцзы в Китае пострадало около 60 млн. человек. В Нидерландах в 1953 году море прорвало дамбы и затопило территорию в 100 тыс. га, погибло тогда 1,5 тыс. человек. Материальный ущерб от наводнения превысил 250 млн. долл.

В 1966 году наводнениями в Италии, когда уровень воды поднимался до 6 м, затопило 750 населенных пунктов и 5 тыс. км дорог, пострадали культурные сокровища Флоренции и Венеции. В США с 1844 по 1973 год из-за ливней, ураганов, прорывов плотин произошло 50 крупных наводнений. Максимальные подъемы уровня воды доходили до 16 м. Во время австралийского наводнения 1974 года обширная территория до 150 км в поперечнике была затоплена водой. Местами вода поднималась выше телеграфных столбов.

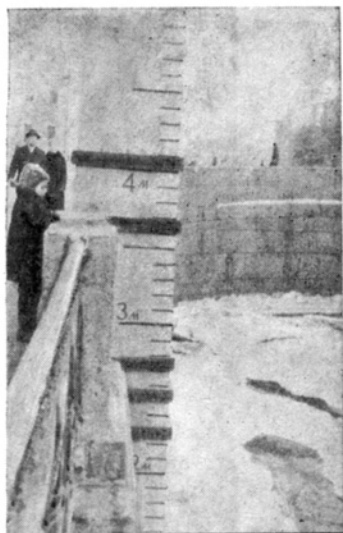
Все это далеко не полный перечень больших наводнений, происходивших на Земле...

В нашей стране наводнения случаются на многих реках — Волге, Днепре, Иртыше... В апреле 1908 года уровень Москвы-реки поднялся на 9,15 м выше ординара у Данилова

монастыря, и пятая часть города с 2,5 тыс. домов скрылась под водой. Катастрофические наводнения в Москве были и ранее — в 1788, 1806, 1828, 1856, 1879 годах. 28 апреля 1908 года уровень Оки в Калуге поднимался на 16,77 м выше летнего горизонта, а тот же день и месяц 1931 года — на 15,44 м, 13 апреля 1970 года — на 15,25 м.

Невские наводнения, имеющие довольно продолжительную историю, опасны для жизни людей многомиллионного города, уникальных художественных ценностей Ленинграда и функционирования сложного коммунального хозяйства. Из летописных источников известно, что между 1060 и 1066 годами вода примерно на 7 м покрывала местность, на которой впоследствии возник город. В XII веке от наводнений, вызванных землетрясениями, на балтийском побережье погибло несколько городов. (В результате землетрясений отдельные участки поверхности опускаются и море их затопляет.) В Новгородской летописи за 1176 год отмечается, что в реке Волхов после землетрясения пять дней вода текла в обратном направлении.

Еще до основания Санкт-Петербурга район невской дельты многократно затоплялся. Есть сведения о катастрофических наводнениях в 1300 и 1541 годах. По шведским ис-



Внешний вид марок, показывающих уровни невских наводнений разных лет

точникам, во время наводнения в 1691 году вода в Неве поднялась на 7,5-метровую высоту, затопив район впадения в нее реки Охты, где находилась шведская крепость Ниеншанц. В XVII веке такие наводнения на Неве происходили в среднем раз в пятилетие.

В 1703 году, когда был основан город, подъем воды при наводнении превысил двухметровый уровень. С той поры до начала 1985 года вода в Неве при наводнениях 264 раза поднималась выше 1,5 м над ординаром у Горного института, или на 1,61 м над нормальным нулем в Кронштадте (Земля и Вселенная, 1982, № 5, с. 62.—Ред.), от которого с 1982 года начали исчислять колебания уровня Невы. В среднем на каждый год приходится примерно одно наводнение, но фактически наводнения распределяются по годам и месяцам крайне неравномерно.

Были, например, периоды продолжительностью до 19 лет (1803—1821), когда они вообще не возникали. В интервале с 1703 по 1985 годы наводнений не было в 205 годах, зато в отдельные годы случалось по несколько наводнений подряд. В 1752 году их было 5, в 1863—8, в 1874—7, в 1975—6, в 1979—8 и в 1983—10. Максимальное число наводнений в городе (более 80%) приходится на осенне-зимний сезон (сентябрь—декабрь), причем в более холодные осени и зимы они случаются реже, чем в теплые. Связано это с влиянием циклонов, приносящих высокую влажность и относительно теплый воздух.

В различных источниках высоты уровней Невы показаны от разных ординаров. (Здесь и далее все высоты приведены в системе Кронштадтского нормального нуля.) В зависимости от высоты подъема уровня Невы наводнения можно подразделить на **небольшие** (160—210 см), **средние** (211—260 см), **большие** (261—310 см)

и **катастрофические** (более 310 см). Катастрофические наводнения часто сопровождаются ураганными ветрами, достигающие до 40 и более метров в секунду.

Наблюдения за уровнем воды в Неве были организованы с первых дней основания Петербурга. Так, уровень наводнения 1715 года был закреплен на валах Петропавловской крепости, его высота определялась в 1,5 м выше ординара. Сохранились также марки наводнений 1752, 1777, 1824 годов и более поздних лет. Интересно, что из наблюдений за уровнем Невы в разное время было определено несколько ординаров, от которых вычислялись высоты наводнений; более ранние—у Петропавловской крепости, Главного адмиралтейства, Николаевского моста (ныне мост Лейтенанта Шмидта). В прошлом веке, в 1877 году, на Неве в районе Горного института был создан уровнемерный пост. Его ординар, вычисленный за период 1878—1911 годов, приняли за

основной. К нему приведены высоты других ординаров и тем самым зафиксированы отметки наивысших подъемов воды при наводнениях. Высоты нулей футштоков определены методом геометрического нивелирования. Первую нивелировку высот марок невиских наводнений над ординаром у Главного адмиралтейства произвел Ф. В. Баур в 1779 году. Почти столетие спустя М. А. Савицкий определил высоту нуля футштока у Горного института относительно ординара у Главного адмиралтейства. Нивелировки такого рода выполнялись и позднее — в 1890—1891, 1911 и последующих годах.

Катастрофическое наводнение 21 сентября 1777 года (здесь и далее даты по новому стилю) произошло ночью и унесло много человеческих жизней. В тот день вода у Невских ворот Петропавловской крепости поднималась на 3,53 м. После этого были введены сигналы оповещения, в частности стрельба из пушек.

На самую большую высоту при наводнениях XVIII—XX вв. вода поднималась 19 ноября 1824 года. Высота уровня была различной в разных районах Петербурга, выше всего вода поднималась на Васильевском острове у Горного института (на 4,08 м). Это катастрофическое событие нанесло огромный ущерб: по официальным данным 19 ноября 1824 года погибло 208 человек, но фактически число погибших в наводнении достигало 4 тысяч. Из 7500 домов вода снесла 324, получили существенные повреждения — 3257, почти половина города оказалась под водой. Ущерб от наводнения оценивался в то время в 15—

20 млн. золотых рублей.

При наводнении 23 сентября 1924 года вода в Неве поднялась на 3,80 м у Горного института и на 4,09 м у Петропавловской крепости. Было затоплено около 70 км² территории города и населенные пункты на побережье Невской губы. Число человеческих жертв небольшое, хотя материальный ущерб был тоже велик. Повреждено более 5 тыс. домов, снесено 19 мостов, выброшено на берег более 100 судов. Наводнение 15 октября 1955 года распространилось на 55 км² городской территории. Но о его приближении ленинградцы были предупреждены заранее, и потому размеры причиненного ущерба были гораздо меньше, чем могли бы быть при столь высоком подъеме уровня воды (2,93 м над Кронштадтским нормальным нулем).

Немалый ущерб городскому хозяйству и населению может нанести и небольшой подъем уровня Невы. Понимая это, Петр I сразу после первых наводнений издал специальный указ, по которому в строящемся городе стали принимать меры защиты от наводнений. Сначала они сводились к поднятию отдельных участков поверхности города, особенно его прибрежной части (подсыпали камни и грунт), к устройству каналов для отвода невиской воды. Тогда, конечно, не знали, но сейчас ясно, что ни строительство каналов, ни даже отвод невиской воды по другому руслу не в состоянии предотвратить невиские наводнения. В XVIII веке появились первые проекты защиты города от наводнений.

Архитекторы Ж. Б. Леблон и Д. А. Трезини, а впоследствии А. Ф. Модюн

предложили поднять поверхность Васильевского острова, проектируемого тогда под центр города, на 3,2 м за счет грунта, который предполагалось вынуть из специально прорытых каналов. Б. К. Миних (1727 г.), помимо возвышения и укрепления берегов, предложил построить заградительные дамбы. По проекту И. М. Кутузова (отца великого полководца) в 1764—1790 годах был прорыт Екатерининский канал (ныне канал Грибоедова). В 1805 году под руководством И. К. Герарда начались работы по сооружению нового канала. Работы почти через 30 лет завершил архитектор П. П. Базен, и канал получил название Обводного. В 1874—1885 годах в Петербурге прорыли Морской канал, глубиной 9 м. По мнению специалистов тех лет, он должен был отсасывать в свое русло шестую часть воды, протекавшей через невискую дельту.

Катастрофическое наводнение 1824 года дало новый толчок к разработке мер защиты города от стихийных бедствий. Академик В. П. Петров в 1825 году предложил поднять набережную Невы до трех метров над уровнем наводнения 1824 года и выстроить водонапорные заслоны, обнеся их земляными валами.

Проектом П. П. Базена предусматривалось сооружение каменной плотины через весь Финский залив по линии Ораниенбаум — остров Котлин — Лисий Нос. Ее проектная длина составляла 22,4 км, с возвышением на 3 м над средним уровнем залива. В плотине предполагалось устройство для спуска воды у Ораниенбаума, а для прохода судов — шлюз по фарватеру. Проход для

судов шириной 171 м намечалось построить в виде заходящих друг за друга концов плотины, перекрывающих фарватер. Идея П. П. Базена оказалась плодотворной, ее использовали при разработке проекта современного комплекса защитных сооружений, который сейчас строится под Ленинградом.

По проекту М. Г. Дестрема Неву предлагалось перекрыть плотиной за тем местом, где от нее отходит Большая Невка. Для продолжения плотины и возвышения набережной вдоль нее проектировался земляной вал, который должен был идти на восток до Таврического сада. На севере он должен был огибать Аптекарский остров, идти по левому берегу Большой и Малой Невки, затем поперек Малой Невки и далее по Петровскому, Голодаю и Васильевскому островам. В плотине намечалось 12 шлюзов длиной 12,6 м и глубиной 9,5 м.

Проектами Третера и Рокура предлагалось перекрыть Неву плотиной там, где она еще не разделена на рукава, и соорудить искусственное русло для отвода невских вод. Кроме того, думали оградить территорию города предохранительными дамбами со шлюзами во всех рукавах Невы. Е. И. Паррот разработал проект в трех вариантах, в основе которого лежала идея оградить территорию города земляными валами, расположенными по набережным.

Представленные проекты рассмотрела специальная комиссия, но ни один из них не был принят либо из-за сложности технической реализации, либо высокой стоимости, либо недостаточного учета требований санитарии, либо ошибоч-



Площадь у Большого театра в Петербурге во время наводнения 19 ноября 1824 года. Вода поднималась на 408 см над Кронштадтским нормальным нулем

ности идеи.

Новые проекты появились спустя почти семь десятилетий, после наводнения в Петербурге 16—17 августа 1890 года. Э. И. Тилло предложил тогда разделить город на 25 островных участков, и их набережные поднять до 3 м. Проект этот был по существу развитием идеи академика В. П. Петрова. Из приведенного далеко не полного перечня проектов, предложенных архитекторами и инженерами в прошлом, видно, какое большое внимание уделялось защите города от «набегов» Невы. И хотя этим проектам не суждено было осуществиться, они оказали большое влияние на развитие идей, связанных с защитой от наводнений.

Важный вклад в изучение причин наводнений и возможности их предсказания на науч-

ной основе внес русский ученый М. А. Рыкачев (1841—1919), директор Главной физической обсерватории (ныне Ленинградская гидрометеорологическая обсерватория Северо-Западного территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды). Он предложил установить по побережью Балтийского моря сеть гидрометеостанций, которые проводили бы постоянные наблюдения за уровнями воды с целью предупреждения о наводнениях. Первое оповещение о приближающемся наводнении сотрудники обсерватории сделали в 1897 году.

В настоящее время наводнения хорошо изучены. Многочисленные наблюдения показали, что их причина — мощные циклоны, зарождающиеся, как правило, в Северной Атлантике. Значительно реже они возникают в близких районах, например над Скандинавским полуостровом. Циклоны, словно гигантские насосы, засасывают водные массы, которые потом растекаются со скоростью 50—60 км в час.

Траектории движения этих гигантских образований могут повторяться. Двигаясь над Балтийским морем, они нарушают равновесие водных масс, создавая длинную или нагонную волну. Волна эта, войдя в Финский залив и проходя по его все более сужающейся акватории, постепенно увеличивает свою амплитуду. А это вызывает резкий кратковременный подъем уровня воды в дельте Невы. Скорость и высота длинной волны непостоянны и зависят от глубины и ширины залива, рельефа берегов и дна, направления и силы ветра. Расстояние от Таллина до Ленинграда волна проходит за 7—9 часов.

Часто возникающие при этом западные или северо-западные ветры способствуют усилению волны. Оповещение о том, что возникла длинная волна, обычно делается за 4—7 часов. Трудно точно предсказать высоту волны. В первом приближении упрощенно можно принять соотношение между высотой длинной волны и подъемом уровня воды в Неве как 1:2,5. Так что если длинная волна в Таллине имеет метровую высоту, то подъем уровня в Неве ожидается на 2,5 м выше нормального нуля. За два часа до подхода нагонной волны передается уточненный прогноз ожидаемого подъема Невы с точностью 5—10 см. Методы прогноза постоянно совершенствуются. Для этой цели наряду с натурными гидрометеорологическими исследованиями в лабораториях на основе моделирования изучается влияние различных факторов. Исследуются математические, гидравлические, аэродинамические и электрические модели Невской

губы. Результаты исследований сопоставляются. Из применяющихся методов прогноза наводнений как перспективный можно отметить гидродинамический метод с автоматизацией расчетов.

Благодаря регулярно действующей службе оповещения о надвигающейся предвестнице наводнения — длинной волне — удается провести подготовительные защитные мероприятия. А потому значительно снижается материальный урон, причиняемый наводнениями. В настоящее время высота дельтовой и центральной части города Ленинграда (район Невского проспекта до Фонтанки, площадей Дворцовой, Декабристов, Мира, Труда, Стачек), территории между Финским заливом и Балтийской железной дорогой составляет 2—3 м над Кронштадтским нормальным нулем. Строительство новых жилых массивов в районе Невской губы ведется на насыпных грунтах на высоте не ниже 3 м, то есть с учетом уровней больших наводнений. Но по расчетам специалистов возможны подъемы уровня Невы до 5,5—6 м. В таких случаях 12 из 15 районов Ленинграда попадают в зону затопления и принимавшиеся прежде меры защиты окажутся неэффективными. Фундаментальным решением проблемы будет постройка специальных сооружений в Финском заливе.

Решение о строительстве сооружений для защиты Ленинграда от наводнений было принято в 1979 году, и уже на следующий год развернулись подготовительные работы. После завершения строительства, 11 каменно-земляных дамб, образующих плотину, гигантской дугой отсекут от Финско-

го залива акваторию Невской губы площадью 400 км². Восьмиметровая плотина длиной в 25 км пройдет от станции Бронка (западнее города Ломоносова) через остров Котлин по северо-западной окраине Кронштадта к станции Горская, что расположена западнее мыса Лисий Нос. По гребню плотины предусмотрено первоклассное шестирядное шоссе, которое замкнет кольцо автодороги и послужит более интенсивному развитию Кронштадта. К возведению дамб приступили в 1982 году, а 30 декабря 1984 года плотина соединила побережье у станции Горская с островом Котлин.

Между дамбами запроектированы два сооружения для прохода судов, которые будут открыты круглый год, но при опасности наводнения перекроются массивными затворами. Запроектировано также шесть водоспускных сооружений. В случае угрозы наводнения потребуются всего полчаса, чтобы закрыть все судоходные и водоспускные пролеты и преградить путь нагонной волне. Огражденная же акватория примет на себя сток Невы. Расчеты показывают, что за целые сутки вода в ней поднимается не выше, чем на 0,7 м, а это вполне безопасно.

Многих интересует вопрос, не причинит ли действующая плотина вреда окружающей среде. По гидрологическим данным проекта уровень воды в Невской губе поднимется всего на 3—4 мм и потому водный режим практически не нарушится. Никакого отрицательного влияния на природу система защитных сооружений не окажет. А город Ленина навсегда освободится от разрушительных наводнений.



Белый карлик или нейтронная звезда!

Теория звездной эволюции предсказывает: маломассивные звезды в конце жизни, пройдя стадию планетарной туманности, превращаются в белые карлики, а массивные — взрываются как сверхновые и после взрыва их центральная часть превращается в нейтронную звезду или черную дыру. До сих пор не удается надежно выявить ту предельную массу звезды, которая определяет, что же будет в конце эволюции: белый карлик или нейтронная звезда?

Мексиканский астроном Сильвия Торрес-Пемберт на совещании по космическому нуклеосинтезу рассказала об исследовании планетарной туманности NGC 6302. Сравнение химического состава этой туманности с результатами расчетов звездной эволюции позволило оценить массу звезды-прародительницы планетарной туманности. Учитывалось, что на разных этапах эволюции звезды несколько раз возникают условия для интенсивного конвективного перемешивания вещества. Конвекция как бы «вычерпывает» тяжелые химические элементы из ядра звезды и переносит их во внешние слои, которые в определенный момент сбрасываются и образуют планетарную туманность.

Сравнение расчетов с наблюдениями показало, что химический состав туманности NGC 6302 соответствует той модели, в которой начальная масса звезды была $\sim 8 M_{\odot}$, и уж во всяком случае не меньше $6 M_{\odot}$. Это значительно выше верхней границы массы для звезды, которая на ко-

нечном этапе жизни превращается в белый карлик. При любом химическом составе карлики не могут иметь массу больше, чем $5,76 M_{\odot}$, иначе им не миновать катастрофического сжатия — коллапса. Более того, теория звездной эволюции предсказывает, что белые карлики должны быть полностью лишены водорода (он «сгорел» в термоядерных реакциях). А в этом случае верхняя граница их массы опускается до $1,44 M_{\odot}$, и наблюдения подтверждают этот вывод. Но если предки белых карликов массивнее, чем $6 M_{\odot}$, значит на каком-то этапе своей эволюции они должны были потерять большую часть своего вещества. Как и в какой момент — это предстоит выяснить.

Ну а судьба нашего Солнца сомнений не вызывает: масса его столь мала, что завершающий этап его эволюции может быть только один — белый карлик.

Кандидат
физико-математических
наук
В. Г. СУРДИН

Извержения Эль-Чичона в прошлом

Весной 1982 года в Южной Мексике внезапно начал извергаться вулкан Эль-Чичон (Земля и Вселенная, 1983, № 5, с. 51.—*Ред.*). За три «приступа гнева» он, по различным оценкам, выбросил в атмосферу от 10 до 20 млн. т пепла, мелких частиц и газа. Это было сильнейшее извержение на территории Мексики и одно из сильнейших на всей Земле.

Геологи И. Тиллинг и М. Рубин из Геологического управления США в Рестоне (штат Вирджиния), совершавшие восхождения на Эль-Чичон в 1980 и 1981 годах, еще тогда предупреждали о возможности извержения. Находясь у вер-

шины горы, считавшейся давно потухшим вулканом, они слышали громкие подземные шумы и ощущали толчки. В сентябре 1981 года они писали, что подобные явления «связаны с подповерхностной магматической активностью и тектоническими движениями, которые могут представлять значительную опасность». На это предостережение никто тогда не обратил внимания, а через семь месяцев катастрофический взрыв Эль-Чичона унес не менее двух тысяч человеческих жизней.

Проведенные в 1983—1984 годах исследования показали, что вулкан этот за последние несколько тысяч лет пробуждался не раз. Бурные его извержения, гораздо более сильные, чем в 1982 году, происходили примерно 600, 1250 и 1700 лет назад. Геологические данные и анализ вулканических материалов, выполненный в Университете штата Род-Айленд (Кингстон, США) и Мичиганском технологическом институте (Хафтон, США), говорят о том, что Эль-Чичон имеет тенденцию извергаться через интервалы от 350 до 650 лет (это прослеживается на протяжении 2 тыс. лет). Странная особенность Эль-Чичона, с точки зрения специалистов, заключается в его изолированном расположении, в отличие от большинства других вулканов суши. Ближайший к нему «коллега» находится в 300 км от него.

Извержения Эль-Чичона в прошлом, несомненно, оказывали влияние на природные условия, в том числе на климат в глобальном масштабе. Выброшенные при извержении 1982 года частицы, содержащие много серы, и в 1984 году все еще продолжали уменьшать солнечную радиацию у поверхности Земли.

Science News, 1984, 125, 20



На уроке—Вселенная

Астрономия — одна из древнейших наук, и вся ее история насыщена драматической борьбой с религией и реакцией. У истоков современной астрономии стояли великие ученые Коперник, Галилей, Ньютон, Ломоносов и многие другие. Астрономия XX века, полная выдающихся открытий, чрезвычайно расширила и углубила знания о Вселенной. Уже на наших глазах совершился выход человека в космическое пространство и начались полеты космических аппаратов к планетам Солнечной системы. Объем астрономической информации с начала этого века увеличился в сотни, если не в тысячи раз. Все эти события, являющиеся этапами в научном развитии человечества, на наш взгляд, должны найти отражение в школьном образовании.

С помощью физических законов, открытых в земных лабораториях, объясняются явления, происходящие во всех частях Вселенной, вплоть до самых далеких галактик — этому учит астрономия. Более того: законы, открытые астрономами при изучении небесных тел (например, закон всемирного тяготения или учение о ядерных реакциях как источнике звездной энергии), находят применение в сегодняшней практике. Все это свидетельствует о единстве окружающего нас мира и подчинении его общим физическим законам. То есть доказывает материальность мира.

Существенно также и то, что астрономия служит первым применением (еще в школе!) полученных учащимися знаний по математике и физике. Использование математических формул и физических законов для объяснения астрономических явлений всегда производит сильнейшее впечатление на учащихся и вызывает у них огромный интерес к науке.

Поскольку реформа школы определяет пути ее развития на многие годы, при составлении учебных планов следует учитывать перспективы развития науки. Астрономия должна занимать видное место в школьном

образовании, так как ее значение в науке и жизни быстро возрастает. Надо при этом иметь в виду, что нынешние школьники будут жить и работать уже в XXI столетии, когда человечество приступит к практическому освоению планет Солнечной системы и космического пространства.

В действующих учебных планах средней школы на астрономию отводится всего 35 учебных часов. Если это положение сохранится, то вряд ли удастся преодолеть те трудности, которые уже сейчас возникают при преподавании астрономии как одной из важнейших физико-математических дисциплин и как науки, имеющей огромное мировоззренческое значение. Поэтому при разработке перспективных учебных планов, на наш взгляд, целесообразно предусмотреть более обстоятельное изучение астрономии.

Для преподавания астрономии на более высоком уровне необходимо также позаботиться о подготовке квалифицированных педагогических кадров. Сейчас астрономию преподают в средней школе в основном учителя физики и математики, значит, на физико-математических факультетах педагогических институтов астрономические курсы должны читаться в большем объеме.

В ряде педвузов открыты отделения, выпускники которых получают специальность «учитель физики и астрономии». Такие отделения должны работать на надлежащем научном уровне и пользоваться особой поддержкой. Наконец, поскольку на работу в средние школы направляют также и выпускников физических и математических факультетов университетов, то нужно улучшить и их астрономическую подготовку.

«Правда», 27 февраля 1985 г.



Астрономическое образование и прогресс

Астрономические знания всегда оказывали сильное воздействие на мировоззрение человека. Пифагор и Коперник, Галилей и Ньютон, Ломоносов и Эйнштейн — все они, несмотря на огромное различие в уровне развития науки и объеме информации, которой располагали, большое значение придавали астрономии.

За последние десятилетия объем и роль астрономических знаний возросли многократно. Астрономия стала одной из научных основ начавшегося освоения космоса. Развитие космической техники, микроэлектроники и т.а. быстрота, с которой накапливаются знания о Вселенной, укрепляют веру в могущество разума, в его способность освоить Солнечную систему. То, с чем имеет дело астрономия, превосходит и в количественном отношении, и по качественному многообразию предмет исследования любой другой науки. Используя и обогащая методы физики и математики, астрономия изучает мир за пределами Земли. А ведь огромная по человеческим меркам Земля ничтожно мала в сравнении с этим миром. Неизбежно возникает вопрос о взаимоотношении между человечеством и космосом, и в определенный момент человечество начнет осознавать, что оно противопоставлено космосу как целое. Не эта ли мысль послужит делу объединения всех народов Земли? А пока широкое распространение астрономических знаний у нас и за рубежом может способствовать сохранению мира.

Астрономия нужна каждому образованному человеку. Она объясняет то, что мы многократно наблюдаем и должны хорошо понимать: смену дня и ночи, времен года, фаз Луны, приливы и отливы в океанах, суточные движения звезд на разных широтах, мерцания звезд, шарообразность Луны, Солнца (и Земли) и движение этих тел, свечение Солнца и звезд. Чем полнее и лучше излагается такой материал, чем сильнее эффект причастности ученика к научной методологии, тем меньше остается места для религиозного мировоззрения. А как много для формирования диалектико-материалистического мировоззрения дают примеры из истории астрономии! Наконец изучение астрономии помогает закрепить знания по физике и математике, не говоря уже о разнообразных практических применениях этой науки.

Забота о будущем, о сохранении и укреплении приоритета нашей страны в освоении космоса требует уделять особое внимание астрономическому образованию, в котором центральная фигура — учитель астрономии. А поскольку таких учителей квалифицированно готовят только физико-астрономические отделения некоторых педагогических институтов и университетов, то необходимо всемерно укреплять эти отделения (Земля и Вселенная, 1985, № 2, с. 74.—Ред.). Несомненно, что развитие астрономического образования будет способствовать прогрессу общества.



НОВЫЕ КНИГИ

Школьникам — о физике звезд

В 1984 году издательство «Наука» выпустило книгу А. Д. Чернина «Звезды и физика». Книга вышла в популярной серии «Библиотечка „Квант“» и адресована школьникам старших классов, а также студентам и преподавателям астрономии и физики.

В предисловии к книге автор раскрывает ее содержание в следующих словах: «Эта книга рассказывает о новейших

астрономических открытиях, о физических идеях и астрофизических гипотезах, об удивительных загадках физики Вселенной, которые еще предстоит разгадать. Читатель найдет в ней не только данные и элементы астрофизической теории. Эта теория опирается на универсальные физические законы, установленные в лабораторных экспериментах, но равно справедливые в разнообразных, иногда совершенно необычных и неожиданных условиях мира звезд и галактик. Основные принципы механики, термодинамики и

электромагнетизма позволяют искать и успешно находить физическое объяснение многим наблюдаемым фактам астрономии».

В книге семь глав. Первая из них вводная («Звездная Вселенная») напоминает читателям основные сведения о строении Вселенной, а остальные посвящены либо физике конкретных объектов (например, барстеров, пульсаров, квазаров, SS 433), либо таким проблемам внегалактической астрономии и космологии, как короны галактик и реликтовое излучение.

Освоение космоса и развивающиеся страны

Освоение космоса в последние десятилетия приобрело беспрецедентный размах. В этот процесс все более активно включаются и развивающиеся страны.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Во многих государствах Азии, Африки и Латинской Америки наземная система коммуникации еще не охватывает в достаточной мере обширные территории этих стран, поэтому космическая техника зачастую становится наиболее простым и быстрым средством установления связи как между отдельными районами внутри государств, так и с внешним миром. Не случайно доля развивающихся стран в использовании космических спутников связи увеличилась в 1981 году примерно до 35%, тогда как полтора десятилетия назад эта доля фактически равнялась нулю. Космическое телевидение призвано сыграть большую роль в борьбе с неграмотностью, в повышении общеобразовательного и культурного уровня населения таких стран. Получаемые из космоса данные, касающиеся метеорологии, состояния сельскохозяйственных угодий и лесов, залежей полезных ископаемых, содействуют развитию сельского хозяйства и добывающей промышленности, составляю-

щих основу экономики развивающихся стран. Немаловажное значение имеет обеспечение навигации, изучение Мирового океана и наблюдение за окружающей средой.

Однако на пути активного участия развивающихся стран в освоении космоса стоят серьезные препятствия. Разработка и эксплуатация космической техники требуют огромных средств. Недостаточно высок в большинстве случаев и уровень развития промышленности, науки и техники. Не хватает специалистов, которые могли бы включиться в осуществление космических проектов. Не удивительно поэтому, что на долю этих стран приходится только 5% мирового объема исследований и разработок, связанных с космосом. Лишь немногие развивающиеся страны оказались в состоянии осуществлять самостоятельные космические программы.

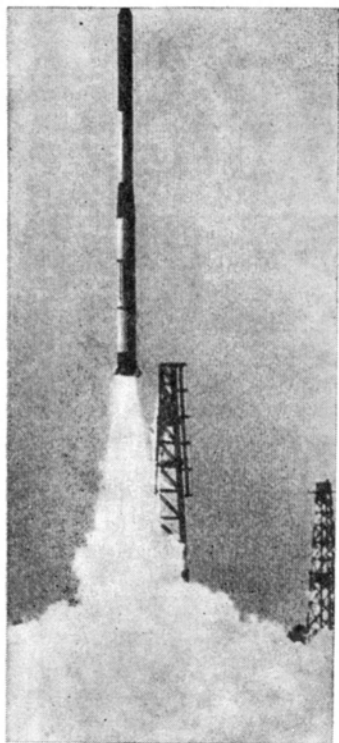
«КОСМИЧЕСКАЯ» ИНДИЯ

Дальше всех в освоении космоса продвинулась Индия. Первые серьезные работы по изучению космоса здесь были начаты еще в конце 40-х годов. Особенный размах они приобрели с 60-х годов. Создаются специальные научные подразделения, ведущие космические исследования, намечается научно-техническая программа. С самого начала индийская космическая программа была

ориентирована на достижение страной самостоятельности в освоении космоса и максимальное приближение к потребностям национальной экономики и культуры.

Когда индийские ученые только приступили к серьезному изучению космического пространства, находилось немало людей, как внутри страны, так и за ее пределами, настроенных очень скептически. Зачем Индии, спрашивали они, в которой еще очень многие живут в нищете и которой предстоит колоссальная работа по преодолению своей социально-экономической и культурной отсталости, отвлекать средства на космические исследования? Известный ученый-физик, лауреат Нобелевской премии Ч. В. Раман заявил, что космические полеты имеют лишь военное значение для великих держав, а для Индии подобные программы — ненужная и непосильная трата денег.

Однако жизнь показала, что скептики были неправы. После завоевания независимости в Индии был создан крупный промышленный и научный потенциал. Страна вошла в десятку ведущих индустриальных держав мира. Только СССР и США опережают ее по количеству инженерно-технических работников. Уже в 60-е годы из каждых 40 научных открытий в мире одно совершалось индийскими учеными.



Индийский спутник Земли из серии «Рохини» запущен с помощью отечественной космической ракеты СЛВ-3 в 1983 году

Телефото ЮПИ—ТАСС

Работами, связанными с космосом, руководит Индийская организация космических исследований (ИСРО), в которой работает 13 тыс. человек. Расходы на космическую программу, по данным журнала «Фаристерн экономик ревью», составили в 1974—1979 годах свыше 250 млн. долларов, а на 1980—1985 годы выделено более 400 млн. долларов. В Индии сооружены два космодрома: в Тхумбе, на западном побережье страны около Три-

вандрума, и в Шрихарикоте, севернее Мадраса. Имеются хорошо оснащенные научно-исследовательские институты, конструкторские бюро, заводы по производству космической техники (Земля и Вселенная, 1984, № 5, с. 44.—Ред.).

Запустив в 1967 году первую метеорологическую ракету диаметром всего 75 мм, Индия смогла затем создать свой первый ИСЗ «Ариабата», в апреле 1975 года выведенный на орбиту советской ракетой-носителем. В 1980 году Индия стала седьмым государством в мире (и первым из числа развивающихся стран), имеющим возможность самостоятельно запускать свои спутники в космос. 18 июля 1980 года 4-ступенчатая твердотопливная ракета-носитель СЛВ-3 вывела на орбиту 35-килограммовый спутник «Рохини-1». В 1981 и 1983 годах последовали новые запуски спутников серии «Рохини».

Космическая программа начинает приносить практические плоды. Оправдываются слова, сказанные в свое время премьер-министром Индии Индирой Ганди, которая сравнивала расходы на космические исследования с расходами на образование детей: и там и тут результаты видны не сразу.

В столь обширной стране, как Индия, оптимальный путь для развития связи — использование спутников. Подсчитано, что стоимость космической системы общенационального телевидения была бы в пять раз меньше соответствующей наземной системы. Экспериментальные образовательные телепередачи, проводившиеся во второй половине 70-х годов через американский и франко-западногерманский спутники,

дали хорошие результаты. Большинство населения в Индии неграмотно. Поэтому высказывалось предложение создать специальный «образовательный» спутник. По программе, предусматривающей создание национальной системы космической связи, в начале 80-х годов были выведены на орбиту экспериментальный спутник «Эппл», запущенный ракетой Европейского космического агентства, и спутники серии «Инсат», спроектированные в Индии, но изготовленные и доставленные на орбиту Соединенными Штатами Америки по коммерческому контракту.

Данные, полученные из космоса, уточняют прогноз погоды, уменьшая, например, ущерб от муссонов, составляющий около 200 млн. долларов в год. Спутники дают ценные сведения для сельского и лесного хозяйства, тем более, что серьезно изучена пока лишь пятая часть всех земель, пригодных для ведения сельскохозяйственных работ. Большие надежды возлагают в Индии на разведку из космоса полезных ископаемых, наблюдение за многими природными процессами.

Программа на 1985—1990 годы, на которую ассигнуется свыше 1,5 млрд. долларов, предусматривает ускорение перехода от экспериментальных к рабочим космическим системам. Намечено завершить разработку и осуществить первые запуски новой ракеты-носителя АСЛВ (Augmented Satellite Launch Vehicle), способной выводить на околоземную орбиту спутники массой до 150 кг, а также ракеты-носителя ПСЛВ (Polar Satellite Launch Vehicle), предназначенной для запуска

на гелиосинхронную орбиту аппаратов массой до 1000 кг.

СССР был единственной страной, в полной мере поддержавшей стремление Индии к самостоятельности в изучении и использовании космического пространства. Прав оказался один из инициаторов индийской космической программы В. Сарабхай, который подчеркивал: «Если нам потребуются помощь в космической технологии, мы обратимся к Советскому Союзу. Нам нужен не только спутник, но и „ноухау“ его создания, космическая технология, и только русские могут оказать нам такую помощь».

Советско-индийское сотрудничество в освоении космоса успешно развивается уже свыше 20 лет по всем ведущим направлениям. Советские специалисты оказали содействие в разработке конструкции и научной аппаратуры спутников, в создании наземных центров управления полетом. Индийским ученым были переданы образцы лунного грунта. С территории СССР советские ракеты-носители выводили на орбиту изготовленные в Индии ИСЗ «Ариабата» (1975), «Бхаскара-1» (1979), «Бхаскара-2» (1981), часть оборудования для которых предоставил Советский Союз. На 1986 год планируется запуск еще одного спутника. Вершиной совместной деятельности двух стран в космосе стала советско-индийская экспедиция на орбитальной станции «Салют-7» в апреле 1984 года (Земля и Вселенная, 1984, № 5, с. 44—50.—Ред.). Работа над совместными проектами позволяет ускорить выполнение индийской национальной космической программы.

КОСМОС — ВСЕМ

Другая страна, приступающая к освоению космоса,— это Бразилия. За 20 с лишним лет там создана довольно развитая космическая промышленность. В ноябре 1984 года в Бразилии произведен первый запуск ракеты-носителя «Сонда-4». Головная часть ракеты достигла высоты 630 км. В феврале 1985 года с космодрома Куру во французской Гвиане ракетой «Ариан» был выведен на орбиту спутник «Бразилсат», принадлежащий Бразилии. Он даст возможность одновременно транслировать передачи по 24 каналам телевидения и вести 12 тыс. телефонных разговоров. На рубеже 80—90-х годов должны быть запущены четыре спутника, почти полностью созданные в Бразилии. Стоимость вывода их на орбиту бразильской ракетой-носителем составит приблизительно 200 млн. долларов.

Подавляющее большинство других развивающихся стран пока вынуждено ограничиваться тем, что они могут получить от сотрудничества с более развитыми странами на двусторонней или многосторонней основе. Десятки развивающихся стран участвуют в таких международных программах, как система космической связи «Интелсат», система дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) «Лэндсат», система морской спутниковой связи «Инмарсат». Так, Таиланд использовал данные «Лэндсата» для изучения наводнений и создания дренажной системы, Филиппины — для составления полной карты лесных ресурсов, что было невозможно сделать обычными средствами. Во многих странах

созданы станции слежения за спутниками, действующими в рамках этих программ.

Ряд развивающихся стран закупает уже готовую космическую технику, например спутники связи. В 1976—1977 годах начали действовать предназначенные для Индонезии два спутника «Палапа-Эй», изготовленные и выведенные на орбиту Соединенными Штатами Америки. Вместе с наземным оборудованием они обошлись почти в 100 млн. долларов. С 1979 года Филиппины, а затем Малайзия и Таиланд стали арендовать свободные мощности этих спутников для своих внутренних нужд. Более совершенные спутники «Палапа-Би», которые должны вступить в строй в середине 80-х годов, могут обеспечивать различные виды связи не только для Индонезии, но и для других членов АСЕАН и Папуа — Новой Гвинеи.

В 1976 году члены Лиги арабских государств создали Организацию спутниковой связи, призванную посредством двух спутников обеспечить арабский мир телефонными, телеграфными, телексными, телевизионными коммуникациями. В феврале 1985 года ракетой «Ариан» с космодрома Куру во Французской Гвиане был запущен спутник «Арабсат», который будет охватывать территорию большинства арабских стран и сможет обеспечить 8 тыс. телефонных и телексных линий и 8 телевизионных каналов. В начале 1985 года египетские ученые завершили подготовительные работы для запуска первого египетского спутника. Рассматривалась возможность приобретения спутников связи Аргентиной, Нигерией, Южной Кореей, стра-

нами Андского пакта (Боливией, Венесуэлой, Колумбией, Перу и Эквадором).

Вынужденные постоянно обращаться за технической помощью и информацией к космическим державам, развивающиеся страны особенно остро заинтересованы в налаживании такого международного сотрудничества в освоении космического пространства, которое на справедливой основе обеспечило бы их участие в решении этой общечеловеческой проблемы и открыло бы им доступ к практическим результатам космических исследований. Однако эти страны сразу же почувствовали, что существуют два совершенно противоположных подхода к международному сотрудничеству.

ДВА ПОДХОДА

Советский Союз всегда выступал за объединение усилий различных государств в мирном освоении космоса и выражал готовность использовать достижения космонавтики в интересах прогресса других народов. С советской стороны подчеркивается, что «космос должен быть поставлен на службу делу мира и благо человека, независимо от того, где он живет — на востоке или на западе, на юге или на севере, в условиях социализма или капитализма».

В рамках совместной программы космических исследований «Интеркосмос», осуществляемой СССР и другими странами социализма, быстро развертывается деятельность таких государств Азии и Латинской Америки, как Вьетнам, Монголия, Куба, представители которых получили возможность

участвовать в пилотируемых полетах на советских кораблях. Индия также входит в число «космических» партнеров Советского Союза. Международная организация связи «Интерспутник», созданная Советским Союзом и другими социалистическими странами, открыта для всех желающих сотрудничать на равноправных и взаимовыгодных условиях. Специалисты из развивающихся стран приглашаются на семинары, проводимые для них в СССР каждые два года, а 10 человек ежегодно становятся стипендиатами советских вузов. Взаимную выгоду приносит действующая свыше 10 лет программа сотрудничества между АН СССР и соответствующими организациями ряда стран Азии, Африки, Латинской Америки по спутниковой геодезии. Эта программа позволяет развивающимся странам сравнительно быстро и без крупных затрат проводить у себя картографирование неизученных территорий.

Другой подход к сотрудничеству с развивающимися странами характерен для империалистических держав, в первую очередь США. Они готовы продавать некоторые виды космической техники, предоставлять те или иные виды услуг, но при этом стремятся превратить такого рода «сотрудничество» в еще один канал усиления технологической зависимости государств Азии, Африки, Латинской Америки от империализма для получения односторонних политических, экономических, пропагандистских выгод. Их международные космические программы неразрывно связаны с корыстными внешнеполитическими целями.

Когда Индия обратилась к США с просьбой помочь ей в создании спутника, то в ответ получила предложение купить у американцев уже готовый спутник. Показательна также история со спутником связи «Инсат-Эй», который был по индийскому заказу изготовлен и запущен американцами в 1982 году. Проработав всего несколько месяцев вместо запланированных 7 лет, он затем вышел из строя. Эту неудачу болезненно восприняли в Индии; там прямо говорили о возможности саботажа, о нежелании американских монополий поступиться своими позициями и допустить на геосинхронную орбиту новые спутники. Помог Индии выйти из затруднительной ситуации Советский Союз. Осенью 1982 года было подписано соглашение, по которому телевизионный ретранслятор на советском спутнике связи «Радуга» стал работать на систему индийского телевидения.

Опираясь на свое научно-техническое превосходство, США зачастую ставят своим партнерам жесткие условия, и те вынуждены соглашаться, например, на оплату всех расходов по выводу на орбиту своих спутников без каких-либо гарантий на успех с американской стороны. Данные дистанционного зондирования Земли с американских спутников (запасы полезных ископаемых в различных районах Земли, прогнозы урожая и т. д.) попадают сначала в Вашингтон, и только затем могут быть направлены заинтересованным правительствам. При этом США не прочь оказать давление на другую сторону, скажем, заранее устанавливая цены на сельскохозяйственную продук-

цию. Не забывают американцы о своем кармане. В индийской прессе сообщалось, что в 1984 году они запросили тройную плату за данные, предоставляемые Индии, и стали требовать непомерно большие суммы за фотоснимки земной поверхности.

Спутники связи активно используются для идеологического воздействия на жителей развивающихся стран. Примером может служить экспериментальное телевидение через американский спутник, охватывающее почти 30 стран. Все программы начинались с приветствия президента США и содержали в основном рекламу американской космической техники.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В августе 1982 года в Вене состоялась вторая конференция ООН по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС-82), которая уделяла значительное внимание рассмотрению вопросов, касающихся развивающихся стран. На конференции подчеркивалось, что «космическая технология никоим образом не является решением проблем» этих стран, однако она может стать «эффективным средством ускорения национального развития». Были одобрены практические рекомендации по расширению участия государств Азии, Африки, Латинской Америки в освоении космоса, по облегчению им доступа к научным и хозяйственным результатам космических исследований.

Развивающиеся страны проявляют обоснованное беспокойство в связи с усиливающейся



по вине США милитаризацией космического пространства. Все яснее становится, что космический виток гонки вооружений, затеваемый Соединенными Штатами Америки, не только затормозит использование космической техники в мирных целях, но и создаст угрозу самому существованию человечества.

Во время работы ЮНИСПЕЙС-82 эти страны выступили за запрещение испытания, размещения и развертывания любых вооружений в космическом пространстве и призвали все государства активно содействовать предотвращению распространения гонки вооружений на эту новую сферу.

Широкую поддержку развивающихся стран встречают советские инициативы, нацеленные на то, чтобы предотвратить гонку вооружений в космосе. Так, на XXXIX сессии Генеральной Ассамблеи ООН резолюцию по вопросу «Об использовании космического пространства исключительно в мирных целях, на благо человечества» поддержали 150 государств, и только США воздержались, оказавшись практически в полной изоляции.

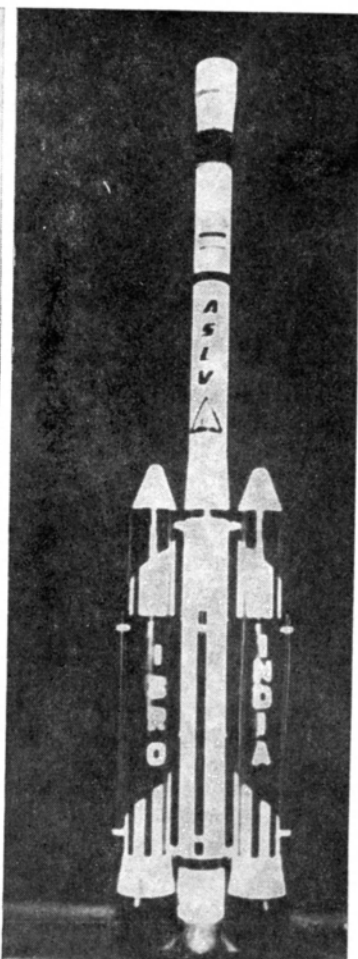
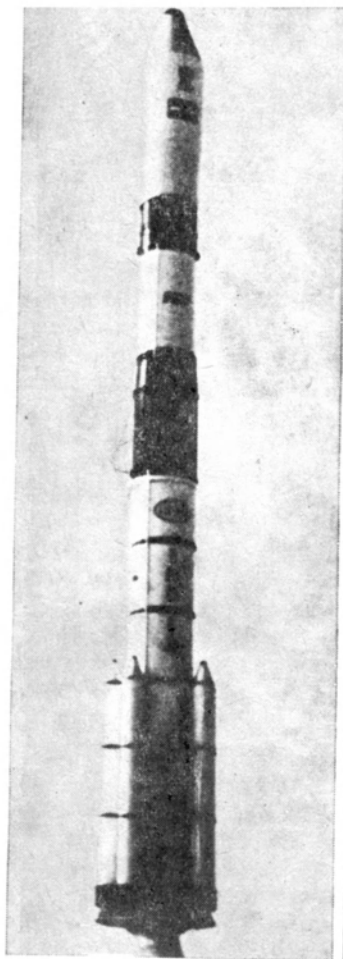
Но, судя по сообщениям зарубежной печати, некоторые развивающиеся государства сами не прочь прибегнуть к военной деятельности в космосе. Так, Пакистан рассматривает

Станция слежения за спутниками серии «Инсат» в Хассане (штат Карнатака, Индия)

Фото из журнала «Interavia», 1984, № 2, с. 153.

возможность выведения на орбиту военного спутника связи и наблюдения. Такому ходу событий содействуют Соединенные Штаты Америки, которые, как полагают, намерены участвовать в сооружении в Пакистане станции космической связи, предназначенной для выполнения задач военного характера.

Трудности, испытываемые развивающимися странами в освоении космического пространства, объективно толкают их к всемерному развитию сотрудничества между собой. Ведь даже высокоразвитые в экономическом отношении государства создали международные организации по сотрудничеству в космосе (в странах социализма — это «Интеркосмос»; в Западной Европе — Европейское космическое агентство). Пока, однако, лишь члены некоторых региональных организаций, таких, как Лига арабских стран и Ассоциация государств Юго-Восточной Азии, предприняли достаточно весомые совместные шаги в освоении космического пространства (спутники связи «Арабсат» и «Палапа»). Предлагалось вывести на орбиту спутник связи



Модель индийской ракеты-носителя ПСЛВ (слева) и модель ракеты-носителя АСЛВ

Фото из журнала «Interavia», 1984, № 2, с. 154

«Афросат» для африканских государств, спутник «Кондор» для стран Андской группы и создать латиноамериканскую систему ДЗЗ. Свою помощь другим развивающимся странам в освоении космоса готова оказать Индия, о чем было заявлено на ЮНИСПЕЙС-82.

Возможности углубления сотрудничества между странами

Азии, Африки и Латинской Америки на двусторонней и региональной основе далеко не исчерпаны. Может быть расширен обмен оборудованием, техническими услугами, специалистами, свои плоды способно принести создание общих запасов наиболее дорогих и часто требующихся запчастей для космической техники, совместное владение и эксплуатация размещенной на Земле и в космосе аппаратуры.

В начале 80-х годов около ста мест на геостационарной орбите уже были заняты (что-

бы не мешать друг другу, спутники связи должны соблюдать строгую дистанцию между собой). Вполне понятно, что развивающиеся страны очень заинтересованы в обеспечении мест для своих спутников на этой орбите. Некоторые экваториальные страны, однако, выдвигают необоснованные притязания на распространение своего суверенитета на расположенные над ними сегменты геостационарной орбиты и требуют, чтобы ИСЗ размещались в этих сегментах только с их предварительного и ясно выраженного согласия. Подобные требования противоречат нормам международного права, которые запрещают национальное присвоение какой-либо части космического пространства и определяют свободу его использования всеми государствами. В развивающихся странах выдвигается также предложение зарезервировать за ними определенные частоты, поскольку диапазон, пригодный для связи через спутники, ограничен. Вызывают озабоченность развивающихся стран и некоторые другие, еще не до конца решенные проблемы международного космического права: например, как предотвратить использование непосредственного телевизионного вещания и дистанционного зондирования Земли во вред тому или иному государству?

Таковы вкратце некоторые из «космических» проблем, решаемых развивающимися странами. Умелое использование достижений человечества в освоении космоса открывает перед ними широкие перспективы, но и требует больших усилий как на внутригосударственном уровне, так и на международном арене.



Доктор физико-математических наук
И. Н. МИНИН

Как расширяются планетарные туманности?

В последние годы появился ряд работ, позволивших окончательно установить четкую зависимость: скорость расширения оболочки планетарной туманности от ее радиуса. Это может быть истолковано как ускоренное расширение оболочек.

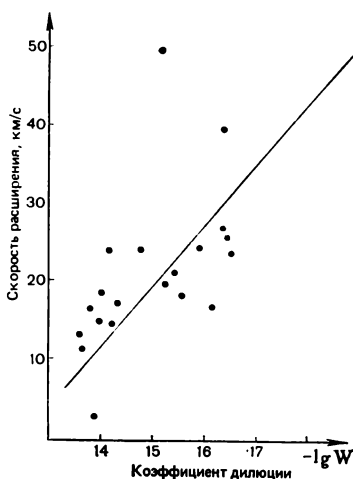
Такой вывод принято считать верным и для остальных удаленных планетарных туманностей.

Планетарные туманности — так выдающийся английский астроном XVIII века В. Гершель назвал класс компактных небесных объектов, иногда напоминающих планетные диски. Теперь мы знаем, что оболочка планетарной туманности состоит в основном из газа, а в ее центре обычно наблюдается неяркая звезда — ядро туманности. Уже в нашем веке исследование планетарных туманностей играло громадную роль в развитии астрофизики, особенно теоретической. Дело в том, что бурное становление теоретической физики XX века, особенно квантовой механики, позволило количественно истолковать многие явления и процессы в небесных объектах различной природы. Вместе со звездными атмосферами в первом ряду таких исследований оказались планетарные туманности. На основе анализа наблюдаемых спектров туманностей удалось определить их плотность, температуру, химический состав и сделать ряд других интересных выводов, например об условиях свечения туманностей в «запрещенных» линиях (Зем-

ля и Вселенная, 1969, № 4, с. 39.— Ред.).

Наблюдения показали, что линии излучения в спектрах планетарных туманностей раздвоены. Это говорит о том, что оболочки туманностей либо расширяются, либо сжимаются. По величине раздвоенности линии можно найти скорость движения оболочки. Если сравнить диаметры ряда ближайших туманностей на снимках,

Зависимость скорости расширения планетарных туманностей от коэффициента диллюции



В задачи современной астрофизики входит не только понимание основных черт строения небесных тел и тех физических процессов, которые происходят в них. Наступило время попытаться ответить на вопрос о происхождении и развитии различных форм вещества во Вселенной. Сразу следует отметить одну из трудностей при решении задач такого рода. Она состоит в том, что небесные тела развиваются чрезвычайно медленно — речь идет обычно о промежутках времени в миллионы и даже в миллиарды лет. А время жизни планетарной туманности, в течение которого она может наблюдаться, оценивается всего лишь в несколько десятков тысяч лет. Оболочка туманности расширяется со скоростью порядка нескольких десятков километров в секунду, отсюда можно оценить средний размер оболочки — несколько десятков тысяч астрономических единиц.

При исследовании построенной автором статьи математической модели образования объекта в результате выбрасывания вещества из звезды

(сходного с оболочкой планетарной туманности) стало ясно, что такая оболочка будет расширяться с замедлением. Тогда возник вопрос: как же все-таки движутся оболочки планетарных туманностей — с замедлением, равномерно или с ускорением? Практически невозможно заметить изменение скорости расширения одной какой-либо туманности, поскольку это изменение не может быть достаточно большим за время наблюдений, зато можно использовать статистический материал, считая, что туманности разных размеров отражают различные стадии развития некоторой «средней» туманности.

Зависимость скорости расширения оболочки туманности от ее линейного размера определить достаточно трудно, поскольку необходимо знать с большой точностью такую величину, как расстояние до туманности. Поэтому автором, занимавшимся в 1954 году этой проблемой, был избран другой путь: для характеристики относительных размеров оболочек использован так называемый коэффициент дилуции W , определяемый формулой

$$W = \frac{1}{4} \left(\frac{r_*}{r} \right)^2,$$

где r_* — радиус звезды — ядра туманности, r — радиус оболочки. Поскольку радиусы ядер туманностей не могут сильно различаться, то W будет удобной величиной, определяющей относительные значения r . Находя связь W со скоростью расширения оболочки v , мы будем иметь представление о ходе зависимости v от g .

Академик В. В. Соболев указал на возможность весьма точно определять значение W ,

используя при этом лишь те величины, которые уверенно получаются из наблюдений. Исходные данные для двадцати планетарных туманностей имелись — так возникли точки на графике, где по оси абсцисс были нанесены значения $-\lg W$, а по оси ординат — скорости расширения v . Анализ показал, что с увеличением $-\lg W$ (чему соответствует возрастание g) растет в среднем и v . Итак, **скорость расширения оболочки тем больше, чем больше ее радиус!** Значит ли это, что оболочки расширяются с ускорением? На основе проведенного статистического анализа такое утверждение становится правдоподобным. Еще более вероятным делает его теоретический расчет.

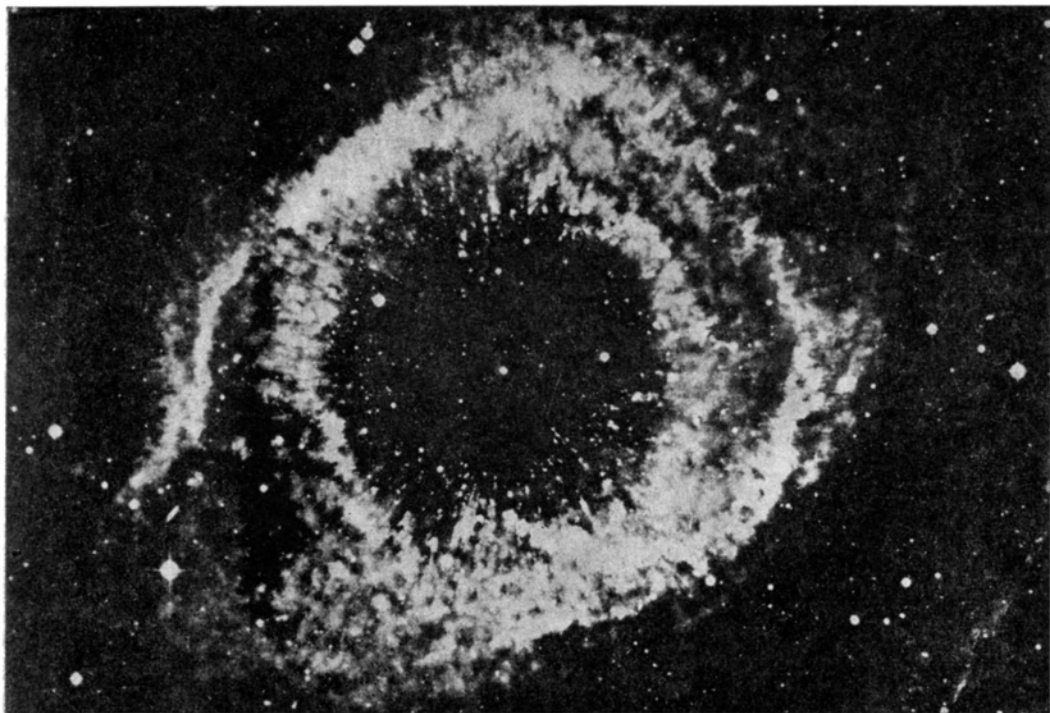
Ускорение расширяющейся оболочки может быть объяснено действием светового давления, которое вызывается излучением ядра при условии, что это излучение полностью (или частично) поглощается в оболочке. Вычисления дают значения, соответствующие в среднем наблюдаемому эффекту, что в сильной степени укрепляет нас в уверенности об ускоренном расширении оболочек, но все же не доказывает этого. Кроме того, корпускулярное излучение ядра (то есть, как теперь говорят, «звездный ветер») также может внести вклад в ускорение оболочки, а окружающая межзвездная среда дает эффект торможения... Здесь уместно вспомнить афоризм Бернарда Шоу: «Наука никогда не решает проблемы, не создав еще десять новых».

И все же определенный вывод может быть сделан: планетарные туманности образуются в процессе отделения

оболочек от ядер, а не в результате непрерывного выбрасывания вещества. Кстати говоря, гипотеза об образовании оболочек планетарных туманностей в результате отделения вещества от звезды развивалась с 1956 года членом-корреспондентом АН СССР И. С. Шкловским. Он считал, что начало оболочке дают красные гиганты — звезды с весьма протяженными атмосферами. Но следующий этап проверки гипотез требует новых фактов, и в данном случае на долю динамических свойств отделившейся оболочки можно возлагать некоторые надежды. И значит, надо исследовать более подробно (с привлечением свежего материала) обстоятельства расширения оболочек планетарных туманностей.

В работах О. Вильсона (США, 1958 г.) и М. Турофа (США, 1965 г.) приводились данные, подтверждающие возрастание скоростей расширения оболочек с увеличением их радиусов. Более обстоятельные исследования выполнил В. В. Витязев (СССР, 1969 г.), обобщивший наблюдательный материал для 39 туманностей и получивший довольно-таки надежную зависимость v от g . Кроме того, в его работе сделана оценка мощности выбрасывания вещества из ядра туманности, которая может обеспечить наблюдаемый эффект ускорения в расширении оболочки. Она составляет 10^{-8} массы Солнца в год.

За рубежом несколько исследовательских групп, использовавших собственные результаты наблюдений, также пришли к выводу о том, что скорости расширения оболочек тем больше, чем больше их радиусы. В работе Р. Киркпатрика (США, 1980 г.), где



Планетарная туманность
NGC 7293
в созвездии Водолея.
Снимок получен
на 3,9-метровом телескопе
(Австралия).
(Sky and Telescope, 1982, 63, 1)

изучено 25 туманностей, говорится даже о линейной зависимости скорости от радиуса. Обработав данные для 33 туманностей, Г. Робинсон, Н. Рей и П. Азертон (Англия, 1982 г.) также нашли положительную корреляцию скоростей расширения с линейными радиусами туманностей. В этой работе авторы выделили две группы туманностей: с малой начальной скоростью расширения и сравнительно большой массой оболочек и с более высокой начальной скоростью расшире-

ния и сравнительно маломассивными оболочками. Исследование спектров 26 планетарных туманностей выполнили Ф. Саббадайн и Е. Хамза-оглу (Англия, 1982 г.). Они также построили зависимость скорости расширения от радиуса. И снова подтверждено заключение о том, что скорость растет с радиусом. Однако для объектов очень больших размеров обнаружены сравнительно малые скорости расширения. Возможно, наблюдается взаимодействие с межзвездной средой, приводящее к замедлению в расширении оболочек.

Не исключены и другие объяснения обсуждаемого факта. Например, если с течением времени по каким-то причинам при формировании туманностей скорость выбрасывания оболочек уменьшается, то может возникнуть наблюдаемая

картина и при равномерном движении оболочек. В этом и состоит сложность кажущейся простоты. Новые проблемы, связанные с планетарными туманностями, ждут своего решения. На быстрый успех надеяться нельзя — слишком многого мы еще не знаем. Не можем мы пока, в частности, твердо ответить и на вопрос, поставленный в заголовке этой статьи.

●



Самодельный кометоискатель

Кометоискатель можно построить, используя линзы и объективы какой-либо списанной оптической аппаратуры. Для объектива своего кометоискателя я взял ахроматическую линзу от кинопроекторного объектива П-4. Она вставлена в металлический корпус, имеет фокусное расстояние 220 мм и диаметр 70 мм. Окулярю мне послужил окуляр от бинокля Б-6 (поле зрения 50° , фокусное расстояние 20 мм).

Окуляр я закрепил в тубусе из плотного картона, внутреннюю поверхность которого оклеил черной бумагой. Другой стороной тубус плотно входил в металлический корпус объектива П-4. Поскольку диаметр тубуса значительно больше диаметра окуляра, пришлось изготовить переходную трубку-вкладыш. Лучше

всего, конечно, когда и тубус, и переходная трубка-вкладыш сделаны из металла, это обеспечило бы более точное совпадение оптических осей объектива и окуляра.

Увеличение моего кометоискателя составило $11\times$, а поле зрения — $4,5^\circ$, что вполне соответствует оптимальным параметрам систем для поиска комет. Проникающая способность равна $10,5^m$, но при очень ясном небе можно различать туманности и до $11,1^m$.

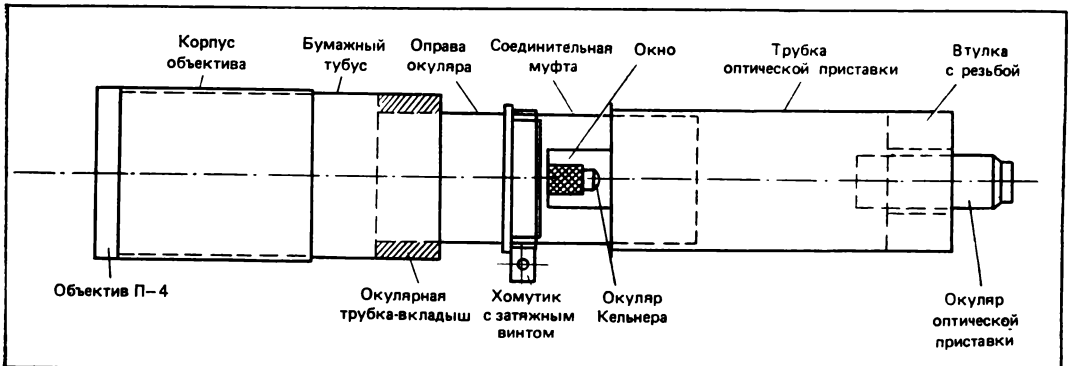
Кометоискатель я установил на штативе, который имеет панорамную головку, позволяющую плавно вести трубу инструмента параллельно горизонту. Чтобы труба кометоискателя хорошо держалась на штативе, пришлось изготовить переходное устройство, состоящее из деревянного бруска размером $130 \times 65 \times 35$ мм.

Кометоискатель можно использовать и для наблюдений Луны, Солнца, планет. Но для

этого надо повысить его увеличение, что делается с помощью оптической приставки с дополнительным окуляром, как это описано в статье Д. А. Фомина и Г. В. Шуваева (Земля и Вселенная, 1984, № 4, с. 84.— Ред.).

Оптическая приставка к моему кометоискателю выполнена из металлической трубки, на одном конце которой закреплен дополнительный окуляр. В качестве такого окуляра я использовал фабричный ахроматический объектив, имеющий фокусное расстояние 45 мм. Окуляр по резьбе перемещается в трубке оптической приставки. Другим концом трубка плотно надевается на окулярную трубку-вкладыш кометоискателя. Для надежности место соединения охватывается металлическим хомутиком с затяжным винтом. В трубке оптической приставки делаются два прямоугольных отверстия, через которые можно пере-

Схема кометоискателя с приставкой





Ожидается «звездный дождь» Драконид

С 7 по 10 октября 1985 года Земля будет проходить сквозь метеорный поток Драконид, дававший в 1933 и 1946 годах обильные метеорные «дожди». Этот поток связан с кометой Джакобини — Циннера (1900 III), которая делает оборот вокруг Солнца за 6,5 года и каждые 13 лет пролетает вблизи Земли.

8 октября 1985 года в 16 ч 12 мин московского времени Земля будет ближе всего к орбите кометы (4,935 млн. км). Сама комета пройдет район сближения орбит на 26,5 сут. раньше. Возможно, что метеорный «дождь» повторится и в 1985 году. Условия его наблюдений в это время благоприятные, поскольку Луна 7 октября будет в первой четверти. Чтобы определить чис-

ло метеорных частиц в периферийных областях роя, в ночи с 7 на 8 и с 9 на 10 октября наблюдения достаточно проводить в течение двух-трех часов около местной полуночи. В ночь с 8 на 9 октября наблюдать следует от вечерних до утренних сумерек. Особенно важно отметить время начала и конца интенсивного метеорного «дождя» и момент его максимума. Прошлые метеорные дожди длились 1,5—2 часа.

Основная задача наблюдений — методом многократного счета определить число метеоров в околосенитной области неба, угловые размеры которой 60°. Инструкция для наблюдателей и методика обработки наблюдений опубликованы в Постоянной части Астро-

номического календаря (М.: «Наука», 1981, с. 381 и 398). Если число метеоров достигнет нескольких десятков в минуту, поле зрения надо уменьшить до 20° или 15°. Необходимо отмечать предельный блеск звезд, которые будут видны во время наблюдений. Астрономы-любители, не организованные в группы, могут наблюдать по методике, опубликованной в журнале «Земля и Вселенная» (1983, № 4, с. 66). При любой методике следует отмечать, сколько было метеоров за 5 минут. Желательно указать их блеск, но если это будет трудно, то хотя бы записать, сколько было ярких, средних и слабых метеоров в каждом 5-минутном интервале. При «звездном дожде» подсчитывают число метео-

мещать окуляр при фокусировке устройства.

При сборке всей системы необходимо проследить, чтобы оптические оси кометоискателя и приставки были строго на одной прямой. Даже незначительное смещение оптической оси приставки вызывает заметное смещение изображения в поле зрения окуляра.

Диаметр трубки приставки желательно взять равным 50 мм или больше, а глаз располагать на таком расстоянии от дополнительного окуляра, чтобы все поле зрения было в виде светлого кружка. В этом

кружке и должно появиться изображение наблюдаемого объекта при фокусировке окуляров кометоискателя и приставки. Очень трудно на первых порах получить изображение в поле зрения окуляра, но для выработки навыков можно поупражняться на удаленных наземных предметах.

Отладка всей телескопической системы осуществляется так.

1. Навожу трубу кометоискателя без приставки на удаленный наземный предмет и фокусирую изображение.

2. Надеваю на трубу оптиче-

скую приставку с произвольным выбранным расстоянием между окулярами (брать большое расстояние не нужно, поскольку масштаб изображения тогда будет слишком велик, качество хуже, а поле зрения меньше).

3. Перемещаю окуляры кометоискателя и приставки, добиваясь резкого изображения.

4. Измеряю расстояние от линзы окуляра кометоискателя до линзы окуляра приставки и делаю отметку на трубе (на этом расстоянии и будет находиться увеличенное изображение наблюдаемого объекта).

ров за 3 или 1 минуту без оценки блеска. Для Сибири и Дальнего Востока условия наблюдений наиболее благоприятные.

Следует отметить, что метеорные частицы роя Драконида движутся относительно Земли со скоростью 23 км/с и достигают максимального блеска в среднем на высоте 90 км. Эти данные будут нужны при вы-

числениях пространственной плотности метеорного роя. Радиант потока находится в точке с координатами $\alpha=260,6^\circ$; $\delta=+57,0^\circ$. Наблюдатели, имеющие фотоаппарат со светосилой объектива 1:2 или 1:1,5, могут получить ценные данные по фотографической численности метеоров в зените во время «дождя». Снимать надо на чувствительную пленку

(180 или 250 ед. ГОСТа, с экспозицией 5, 10 или 20 минут в зависимости от активности метеорного потока). Время начала и конца экспозиции каждого кадра необходимо записывать. Результаты, журналы наблюдений, фотографии и другие материалы следует присылать по адресу: 103001, Москва, К-1, Садовая Кудринская ул., д. 24, ВАГО, метеорный отдел.

Сейсмическая томография



Согласно концепции тектоники литосферных плит полтора десятка жестких плит движутся по подстилающей их мантии Земли. Это вызывает постоянную перестройку земной коры — изменяются очертания континентов, образуются горные цепи, расширяются и «закрываются» океаны. Источники движений — конвективная циркуляция вещества в мантии. Но каково происхождение поднимающегося из недр вещества и какова дальнейшая судьба столкнувшихся плит? На эти вопросы пока не может ответить «классическая» геофизика. Однако на помощь здесь приходит получившая в последние годы развитие сейсмическая томография. Она позволяет картировать мантию Земли в трех измерениях, выявляя структуру мантии и конвективных потоков в ней.

Сейсмическая томография комбинирует данные регистрации множества волн, распространяющихся во взаимно пересекающихся направлениях. По времени их «путешествия» от очагов к сейсмическим станциям определяется трехмерная структура среды, устанавливаются «быстрые» и «медленные» области в мантии Земли.

Американские геофизики Д. Л. Андерсон и А. М. Дзевонский, используя данные об объемных и поверхностных сейсмических волнах, построили ряд карт для разных глубин мантии. Под большинством крупных активных тектонических и вулканических областей, включая срединно-океанические хребты, скорости волн оказались низкими. Большие скорости характерны для областей под Бразильским, Канадским, Сибирским, Африканским и Австралийским щитами. С помощью карт подтвердились некоторые общие предсказания тектоники плит, относящиеся к погружающимся в мантию «охлажденным» и «быстрым» литосферным плитам. Подтвердилось также предположение, что система срединно-океанических хребтов — это не простое следствие восходящих из земных недр потоков. Похоже, считают авторы, вся эта система питается за счет горизонтального перемещения горячего вещества из нескольких обширных температурных аномалий в верхней мантии.

Учитывая особые свойства мантии и распространяющихся в ней волн, Д. Л. Андерсон и его японский коллега Т. Танимото получили картину горизонтальных и вертикальных мантийных течений. Строение мантии, которое выявляется с помощью сейсмической томографии, намного сложнее того, что дают упрощенные числовые модели конвекции. Есть, однако, здесь и немало проблем. Сравнительно редкая сеть цифровых сейсмических станций мира не позволяет повысить разрешающую способность томографии по поверхностным волнам даже в пределах верхних слоев мантии. Не может пока решить томография и многолетнего спора теоретиков о том, разделяется ли конвекция на две ячейки на границе верхней и нижней мантии (глубина 670 км), поскольку разрешающая способность объемных и поверхностных волн на такой глубине невелика. Закартировать можно лишь аномалии скоростей, охватывающие большие области (радиусом свыше 2000 км), либо сильно выраженные аномалии.

В мире науки, 1984, 12



Филателия в журнале «Земля и Вселенная»

Космическая филателия стала распространенным и популярным направлением тематического коллекционирования. Это объясняется всеобщим интересом к освоению космического пространства, ко всему тому, что связано с историей космонавтики и ее современными достижениями.

Журнал «Земля и Вселенная», отмечаящий в этом году свое 20-летие, с самого начала ввел рубрику «Космическая филателия», где к январю 1985 года было опубликовано 62 статьи. Они не только рассказывают о филателии, но с ее помощью пропагандируют достижения советской космонавтики, астрономической и геофизической наук. Учитывая сюжетное разнообразие почтовых выпусков на космическую тему, их документальность и в большинстве случаев высокие художественно-полиграфические достоинства, публикации в журнале позволили популярно рассказать читателям о многих достиже-

ях и успехах советской космонавтики.

В связи с 20-летием журнала, отмечая его заслуги в пропаганде филателии, президиум правления Всесоюзного общества филателистов наградил журнал «Земля и Вселенная» Почетной грамотой ВОФ.

Правление ВОФ горячо

ПОЧЕТНАЯ ГРАМОТА

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ФИЛАТЕЛИСТОВ НАГРАЖДАЕТ

ПОДЛЕЖИТЕЛИ КУЛЬТУРНОГО
УРОВНЯ МОЮТ СОЗДАТЬ ТУ ТЕНДИЦИЮ,
РАСШИРИВ ПОНЯТИЕ, ИЗ КОТОРОГО ЗА-
КЛАДЫ МОЩНЫЕ, НЕПРЕЧЕННЫЕ
СЛОВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ КОСМОСТА,
НАУКИ И ТЕХНИКИ

В. И. ДЕМИН

поздравляет редколлегия и коллектив редакции журнала с юбилеем и желает дальнейших творческих успехов.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ПРАВЛЕНИЯ
ВСЕСОЮЗНОГО
ОБЩЕСТВА ФИЛАТЕЛИСТОВ,
ЛЕТЧИК-КОСМОНАВТ СССР,
ГЕРОЙ СОВЕТСКОГО СОЮЗА
Л. С. ДЕМИН

Указатель статей, опубликованных в рубрике «Космическая филателия» в 1965—1984 годах

- 1965 год Гуревич Я. Б. Советские почтовые марки 1964 г.—№ 2, с. 90.
Орлов В. А. Что такое космическая филателия?—№ 3, с. 92.
Орлов В. А. Марки рассказывают об исследовании Луны.—№ 4, с. 88.
Сашенков Е. П. Марки стран Западного полушария.—№ 5, с. 86.

- Гуревич Я. Б. Космос на марках Чехословакии.—№ 6, с. 90.
1966 год Миловидов Е. В. Марки об антарктических исследованиях во время МГГ.—№ 1, с. 92.
Орлов В. А. Автоматические межпланетные станции на марках.—№ 2, с. 88.
Левин Н. М. Марки Венгрии и Румынии.—№ 3, с. 91.
Полонский В. В. Астрономия на марках.—№ 4, с. 91.
Орлов В. А. Ретрансляционные спутники Земли на марках мира.—№ 6, с. 86.

- 1967 год Гуревич Я. Б. Международный год спокойного Солнца на марках.— № 1, с. 91.
Орлов В. А. Советские марки об исследованиях Антарктиды.— № 4, с. 89.
Орлов В. А. Первый советский искусственный спутник Земли на марках мира.— № 5, с. 92.
- 1968 год Миловидов Е. В. Международный геофизический год в филателии.— № 1, с. 91.
Ильичев Л. И. Выход человека в открытый космос.— № 2, с. 85.
Орлов В. А. Мягкая посадка АМС на Луну и искусственные спутники Луны на марках мира.— № 3, с. 91.
Полонский В. В. Ученые-астрономы на марках мира.— № 5, с. 88.
Орлов В. А. Космическая фантастика на марках.— № 6, с. 92.
- 1969 год Орлов В. А. Радиоастрономия в филателии.— № 1, с. 93.
Вайсберг О. Л. Полярные сияния на марках.— № 3, с. 94.
Полонский В. В. Солнце на марках.— № 5, с. 94.
- 1970 год Орлов В. А. Космическая лениниана в филателии.— № 2, с. 94.
Миловидов Е. В. 150-летие открытия Антарктиды.— № 4, с. 74.
Орлов В. А. Орбитальные станции на почтовых марках.— № 5, с. 76.
- 1971 год Орлов В. А. Советская космическая филателия.— № 1, с. 71.
Орлов В. А. Первооткрыватель космоса на почтовых марках (Ю. А. Гагарин).— № 2, с. 77.
Полонский В. В. Звездное небо на марках.— № 4, с. 70.
Каттерфельд Г. Н. Астрономическая ошибка на почтовых марках.— № 4, с. 79.
Орлов В. А. Иоганн Кеплер на марках.— № 6, с. 72.
- 1972 год Корнюхин А. Е. Адрес экспозиции: Москва, ВДНХ, павильон «Космос».— № 2, с. 75.
Орлов В. А. Марки о Николае Копернике (к 500-летию со дня рождения).— № 4, с. 76.
Орлов В. А. Филателия о покорении космоса.— № 5, с. 78.
- Воронцов-Вельяминов Б. А. Марка, посвященная обсерватории.— № 5, с. 80.
- 1973 год Орлов В. А. Марки о пилотируемых космических кораблях и орбитальных станциях.— № 2, с. 78.
- 1974 год Миль А. А. Космос дружен с филателией.— № 2, с. 74.
- 1975 год Гурштейн А. А. 500-летие Коперника в польской филателии.— № 4, с. 87.
Рудов В. А. Первый выход человека в космос.— № 6, с. 83.
- 1976 год Рудов В. А. Марки, посвященные советской космической радиосвязи.— № 1, с. 90.
Рудов В. А. 15 лет подвигу Ю. А. Гагарина.— № 5, с. 89.
- 1977 год Абрамов С. Б. Луноходы на марках.— № 1, с. 94.
Абрамов С. Б. Создатели ракетной техники.— № 2, с. 90.
Абрамов С. Б. «Союз» — «Аполлон» на почтовых миниатюрах.— № 4, с. 87.
Орлов В. А. Посвящается Циолковскому.— № 5, с. 82.
Рудов В. А. Марки о международных связях советских ученых.— № 6, с. 91.
- 1978 год Абрамов С. Б. Марки о советских исследованиях Красной планеты.— № 1, с. 86.
Рудов В. А. Марки, посвященные второму космонавту планеты.— № 2, с. 90.
Орлов В. А. Почтовые миниатюры, посвященные первой женщине-космонавту.— № 3, с. 92.
Орлов В. А. Марки, посвященные отечественной океанологии.— № 4, с. 91.
Орлов В. А. Марки рассказывают о программе «Интеркосмос».— № 5, с. 90.
- 1979 год Орлов В. А. Космическая астрономия.— № 3, с. 75.
Абрамов С. Б. Корабли науки.— № 5, с. 75.
- 1980 год Орлов В. А. «Интеркосмос»: пилотируемые полеты.— № 2, с. 72.
Орлов В. А. Олимпийские игры и... космос.— № 3, с. 67; Филателия —

- научному конгрессу.— Там же, с. 69.
- 1981 год Орлов В. А. Марки, посвященные подвигу Ю. А. Гагарина.— № 2, с. 71.
- Орлов В. А. Орбитальный комплекс «Салют» — «Союз» на марках.— № 6, с. 64.
- 1982 год Орлов В. А. Марки, посвященные О. Ю. Шмидту.— № 3, с. 72.
- Орлов В. А. Первый искусственный спутник Земли.— № 5, с. 73.

- 1983 год Орлов В. А. Спутники — народному хозяйству.— № 5, с. 70.
- 1984 год Орлов В. А. Филателистическая гагариниана.— № 2, с. 110.
- Орлов В. А. На марках — академик С. П. Королев.— № 5, с. 103.
- Орлов В. А. Стратосферные полеты в СССР.— № 6, с. 80.

НОВЫЕ КНИГИ

«Дрейф материков и климат Земли»

Так называется научно-популярная книга С. А. Ушакова и Н. А. Ясаманова, выпущенная в 1984 году издательством «Мысль». Она знакомит читателя с палеоклиматическими исследованиями, которые свидетельствуют о значительном влиянии крупных горизонтальных перемещений литосферы на климат Земли.

Книга состоит из введения, трех частей и заключения. В первой части дается представление о господствующей сейчас в науках о Земле концепции тектоники литосферных плит. Авторы рассказывают о зарождении и истории мобилизма, борьбе его сторонников с приверженцами фиксизма, вкладе советских ученых в развитие новой глобальной тектоники. Здесь же даются принципы выделения литосферных плит на земной поверхности, сообщается о палеомагнитных исследованиях, о связи климата Земли с характеристиками ее литосферы.

Тема второй части книги — климат Земли в далеком прошлом. Рассматривая глобальные палеогеографические реконструкции, авторы дают характеристику климата в кайнозой, мезозой (230—100 млн. лет назад), а также в древнейшую эпоху жизни Земли — палеозой (550—250 млн. лет назад).

В третьей части книги на основе геодинамических моделей авторы доказывают, что дрейф материков — главная причина эволюции «лика» Земли, климата и океанических течений, одна из причин эволюции жизни на Земле.

Книга иллюстрирована цветными схемами и картами и предназначена для географов, геологов, геофизиков, а также всех, кто интересуется науками о Земле.

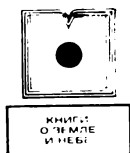
В мире камня

Научно-популярная книга В. И. Лебединского «В удивительном мире камня» (М.: Наука, 1985) рассказывает о зарождении и развитии горных пород на нашей планете, их изучении и использовании в различных областях человеческой деятельности. В четырнадцать небольших глав автор знакомит читателя со свойствами и характерными особенностями камня, способами его изучения, дает представление о различных его видах, связанных с осадочными породами, гранитами, базальтами, перидотитами, а также с метаморфическими образованиями.

В мире камня много неожиданного и любопытного. Читатель узнает о мало кому из-

вестных огромных — в десятки метров — природных монолитах камня, каменных «автографах» молний, об удивительных съедобных камнях. Интересно изложена в книге история использования камня человеком, ведь в развитии культуры камень сыграл особую роль благодаря своей великолепной сохранности. Он использовался буквально всюду, нашел применение даже в музыке — в древнем Китае мелодичные звуки извлекали из подвешенных нефритовых пластинок различного размера и толщины.

Тема трех последних глав книги — роль камня в архитектуре и искусстве. Здесь можно найти историю создания знаменитых каменных шедевров, возведенных в разных странах, познакомиться со способами защиты каменных «одежд» зданий от разрушения. С увлечением читаются страницы о камне в архитектуре Древней Руси, убранстве Москвы, Ленинграда, Киева, о художественных изделиях из камня в музеях мира, о камнерезном искусстве нашего времени. Для любителей истории искусств небезынтересным будет рассказ о базальтовых идолах острова Пасхи, о древнем каменном городе в Крыму.



Кометы и происхождение жизни

В 1980 году в Мэриленде (США) состоялся международный симпозиум, на котором обсуждалась природа комет и их возможная связь с происхождением жизни на Земле. По материалам этого симпозиума видными специалистами Голландии, Италии, Канады, США и ФРГ написана коллективная монография «Кометы и происхождение жизни» (М.: Мир, 1984).

Книга открывается статьей крупнейшего специалиста по физике комет Ф. Л. Уипла, где изложены общие сведения о кометах и их орбитах, а также развивается тезис Я. Оорта о делении комет на «старые» и «новые». По мнению Уипла, погасшие кометы могут превратиться в астероиды группы Аполлона и Амура. В статье приводятся некоторые результаты астрофизических исследований комет в последнее десятилетие. Так, в книге помещен снимок кометы Когоутека, полученный из космоса. На нем видно, что водородная атмосфера кометы по размерам больше Солнца. Входящие в состав этих огромных кометных атмосфер ионы H , OH , O ведут свое происхождение в основном от молекул воды.

Обзор Уипла о природе комет дополняется и продолжается статьей Б. Донна. Из проведенной автором спектроскопической классификации комет делается вывод, что в ходе



эволюции комет каких-либо качественных изменений в их спектрах не происходит. Недавно было высказано предположение: химические реакции в кометах — это основные источники наблюдаемых спектров. Однако наличие CN , C_2 и особенно C_3 в спектрах далеких комет (порядка 3 а. е.) дает основание считать, что органические молекулы присутствуют в ядре, а не образуются в коме. Подтверждением этому служат обнаруженные по микроволновым спектрам комет молекулы HCN , CH_3CN и H_2O . Возможно, они образовались в результате химических реакций, протекающих под воздействием галактических космических лучей в ядре кометы до глубины в несколько метров. Так, облуче-

ние льдов протонами показало, что при этом образуются новые молекулярные компоненты, в том числе и органические. Рассматривая вопросы о происхождении кометных ядер, Донн поддерживает гипотезу Бирмана и Мишеля об аккреции ядер из небольших пылинок — центров конденсации.

Статья П. Д. Фельдмана посвящена исследованию спектров комет в ультрафиолетовой области. В ней отмечается, что наблюдаемые эмиссии можно объяснить фотодиссоциацией воды, испаряемой с поверхности «грязного снежного кома» (так называется комета Уипла). Ультрафиолетовая спектроскопия подтверждает единство состава различных комет и, вероятно, общее их происхождение.

Д. Е. Браунли знакомит с результатами исследования внеземных частиц, обнаруженных в стратосфере и на дне морей. За год Земля собирает свыше 10^4 т межпланетной пыли, основная часть которой — тонкозернистый материал, отличающийся от обычных метеоритов минеральным составом и строением. Скорее всего это то же вещество, что и вещество кометных частиц.

Статья Д. А. Мендиса рассказывает о взаимодействии солнечного ветра и солнечной радиации с кометами, в том числе непосредственно с яд-

ром на расстоянии более 5 а. е. от Солнца и при отсутствии у них атмосферы.

Возможность образования новых молекул в кометных атмосферах в результате химических процессов и фотодиссоциации исследует У. Ф. Хюбнер, рассматривая модель с заданным начальным химическим составом.

Дж. М. Гринберг в статье «Химическая эволюция межзвездной пыли как возможный источник предбиологического материала» подчеркивает, что в настоящее время получены данные о существовании жизни на Земле около 3,83 млрд. лет назад. Поскольку возраст Земли около 4,5 млрд. лет, то предбиологическое вещество появилось на Земле уже в первые ее 700 млн. лет. Так как гипотеза Миллера и Юри об образовании предбиологических молекул в ранний период развития земной атмосферы в свете новых данных становится все более сомнительной, автор предлагает в качестве другого источника рассматривать пыль, имеющуюся в плотных межзвездных облаках, как в виде очень малых пылинок, так и частиц со структурой «ядро — оболочка».

Исследование тепловой эволюции комет показало, что они должны содержать по крайней мере столько же органического вещества, сколько его содержится в межзвездной пыли, аккреция которой привела к образованию кометных ядер. Рассмотрены два возможных варианта выпадения межзвездной пыли, содержащей органические вещества, на Землю: аккреция межзвездной пыли при прохождении Солнечной системы че-

рез плотные межзвездные облака и прямые столкновения комет с Землей.

По нашему мнению, эта оценка занижена, хотя бы потому, что при расчетах не учитывалось влияние гравитационной фокусировки. Изложенная концепция представляется логичной, достаточно аргументированной и, что особенно существенно, подтверждена экспериментом и наблюдениями. Ее привлекательность состоит в том, что в гипотезе возникновения жизни на Земле межзвездная пыль вполне отвечает всем начальным теоретическим условиям, поскольку Солнечная система за время своего существования около 40 раз проходила через спиральные рукава Галактики и пересекла около 130 межзвездных облаков.

Статья П. Эйбелла и других посвящена проблеме высокочувствительных и высокоточных измерений изотопного состава углерода в кометах. Такого рода информация позволяла бы отличать кометное вещество, происходящее из Солнечной системы, от вещества межзвездного пространства.

Современная точка зрения на образование Солнечной системы излагается в статье А. Дельземма. Сегодня нельзя сделать однозначного вывода о том, что кометы появились одновременно с планетами. Кометы могут иметь и межзвездное происхождение.

А. Ласкано-Ароухо и Дж. Оро предполагают, что жизнь на Земле должна была появиться в то время, когда приток кометного и метеорного вещества был значительно выше его современного уровня. Рассматривается роль комет в формировании окружаю-

щей среды на Земле до возникновения на ней жизни. В статье дан обширный обзор литературы, освещающей гипотезу образования органических веществ вследствие ударов комет о Землю, приведены оценки количества летучих веществ на Земле, имеющих кометную природу. Предполагается, что кометы внесли значительный вклад в процессы химической эволюции, необходимые для возникновения жизни на Земле.

Известные астрофизики Ф. Хойл и Ч. Викрамасингу отстаивают принцип панспермии: зачатки жизни присущи космосу и пускают корни везде, где имеются благоприятные условия. Авторы исходят из предположения о существовании бактериальных клеток в протосолнечной туманности. Поскольку при аккумуляции планет биологический материал должен разрушиться, авторы вводят еще одно допущение — наличие жидкой воды во внутренних частях Урана, Нептуна и в кометах.

Заканчивается книга статьей Д. Кушнера, в которой рассматриваются условия, необходимые для развития микроорганизмов: давление, температура, радиация и т. д.

К сожалению, в монографии явно недостаточно освещены результаты исследований советских ученых.

В аннотации к книге указано, что она предназначена для астрономов, биологов, космохимиков и специалистов по исследованию космического пространства. Однако книга настолько интересна, что как специалисты, так и все интересующиеся проблемами происхождения жизни с интересом прочтут ее.

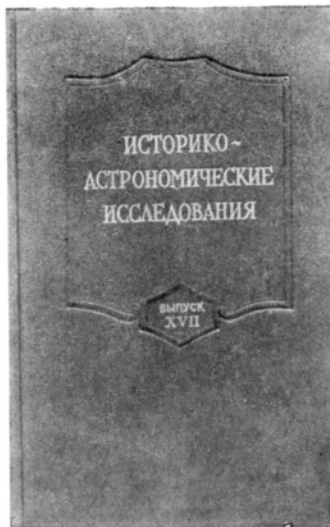
Кандидат физико-математических наук
Д. Н. ПОНОМАРЕВ



XVII выпуск «Историко-астрономических исследований»

Этот выпуск «Историко-астрономических исследований» (М.: Наука, 1984) содержит 26 статей почти 30 авторов. Включенный в книгу материал охватывает период от раннего средневековья до недавних, уже ставших историей событий XX века. Авторы статей — как специалисты-историки (П. В. Мюрсепп, Б. А. Розенфельд), так и профессионалы-астрономы (Д. Я. Мартынов, М. Н. Гневышев, В. В. Шевченко). В книгу входят также письма, воспоминания, работы крупных ученых, не публиковавшиеся ранее. Разнообразие тематики и стиля статей говорит о многоплановости и разносторонности издания, но оно же иногда вызывает и нарекания, будто это не разнообразие, а пестрота и отсутствие серьезности. Здесь, однако, надо иметь в виду следующее.

Научные статьи, выходящие из-под пера ученых и публикуемые в «Трудах» или солидных журналах, отражают суть исследования, его итог. Они показывают развитие науки как бы в черно-белом цвете. Те пути, мысли, которые привели ученого к опубликованным результатам, остаются «за кадром». Вне поля зрения читателей оказывается вся эмоциональная сторона исследования, ход научного поиска с его огорчениями и удачами. В противоположность этому исторические обзоры и особен-



но личные записи, воспоминания или письма дают возможность понять ту обстановку, в которой живет и работает исследователь. Поэтому такие издания, как «Историко-астрономические исследования», вносят существенный вклад в создание многокрасочной картины истории астрономии.

«Историко-астрономические исследования» начали выходить с 1955 года. Первым ответственным редактором этого издания был известный астроном и историк астрономии П. Г. Куликовский. Первоначально редакционная коллегия ориентировалась на публикацию материалов, отражающих прошлое преимущественно зарубежной астрономии. Но почти сразу же стало ясно, что этого недоста-

точно, поскольку сильно возрос интерес к истории отечественной астрономии; читатели хотели знать, какова роль русских ученых и ученых других народов СССР в общем развитии астрономии. Всего под редакцией П. Г. Куликовского с 1955 по 1972 год вышло 11 выпусков «Исследований». Издание обрело свое лицо. Характерными для него стали достоверность изложения и строгое, хотя и, пожалуй, чуть старомодное на сегодня оформление. П. Г. Куликовский и в настоящее время входит в состав редакционной коллегии «Историко-астрономических исследований».

Ответственным редактором с 12-го по 16-й выпуски, выходявшие с 1975 по 1983 год, был Л. Е. Майстров. При нем по сложившейся традиции большое внимание (примерно треть объема издания) уделялось знакомству читателей с деятельностью отдельных отечественных и зарубежных астрономов, а также с их письмами и воспоминаниями. После смерти Л. Е. Майстрова (1983 год) редакционная коллегия «Историко-астрономических исследований» была существенно расширена. В нее вошло 18 человек, в том числе ряд крупных астрономов и историков науки. Председателем редакционной коллегии стал сотрудник Института истории естествознания и техники, астроном по

образованию, доктор физико-математических наук А. А. Гурштейн. Организационная перестройка позволила заметно расширить тематику и углубить содержание, сохранив доступный для широкого круга читателей стиль изложения.

Все выпуски представляют собой 17 однотипных томов. XVII выпуск вышел в 1984 году, через год после XVI. Тем самым «Исследования» приобретают характер ежегодников по истории астрономии, предназначенных не только для профессионалов, но и для любителей астрономии, преподавателей, студентов, людей разных специальностей.

XVII выпуск, как и предыдущие, имеет такие разделы. **Жизнь и творчество ученых** — здесь помещены подробные материалы, посвященные Ф. Бесселю (к 200-летию со дня рождения, автор К. К. Лавринович), перевод автобиографии Тихо Браге (выполненный Ю. А. Даниловым), наконец три статьи, посвященные памяти умершего в 1975 году С. Б. Пикельнера. Разделы **История обсерваторий и астрономических организаций** и **Приборы и инструменты** представлены оригинальными статьями «История службы Солнца» заведующего Горной станцией Главной астрономической обсерватории АН СССР М. Н. Гневышева, «Выбор места двух старинных русских обсерваторий» (обсерватории Петербургской Академии наук и обсерватории Московского университета) А. В. Бугаевского, «Значение камеры Б. Шмидта в астрономии» П. В. Мюрсеппа и У. К. Вейсмана.

Значительное место во всех выпусках отводится астрономии стран Востока. Так, в разделе **Исследования и находки**

помещены обстоятельный обзор Б. А. Розенфельда «Астрономия стран ислама» и заметка М. Н. Атагарьева «„Космография“ ат-Туркумани».

Много внимания в сборнике уделено истории развития научных идей и направлений астрономических исследований. В разделе **Памятные рубежи науки** публикуются статьи А. И. Еремеевой «Вильям Гершель и современная космология» и заведующего отделом Луны и планет ГАИШ В. В. Шевченко «25 лет изучения обратной стороны Луны». К тому же разделу, по мнению автора, следовало бы отнести упомянутую выше статью М. Н. Гневышева, хотя редколлегия поместила ее в другой раздел.

XVII выпуск «Историко-астрономических исследований» содержит также воспоминания К. А. Штейнса о Краковской обсерватории в 30-х годах и воспоминания профессора Д. Я. Мартынова о Пулковской обсерватории в 1926—1933 годы (это уже вторая публикация из серии его воспоминаний «Полстолетия у телескопа», первая — «Астрономия в Казанском университете в 20-е годы» — напечатана в предыдущем выпуске).

Заканчивается книга, как и всегда, библиографическими материалами, документами и хроникой.

Хотя достоинства выпусков «Историко-астрономических исследований», в том числе и XVII-го, очевидны и ценность их неоспорима, следует все же отметить и некоторые недостатки. В дополнение к уже сделанному выше замечанию следует сказать, что редколлегия должна внимательнее следить за рубрикацией статей. Приведем еще один пример:

автобиография Тихо Браге скорее относится к разделу **Жизнь и творчество ученых**.

Обращает на себя внимание высокая стоимость книги (4 руб. 10 коп.). Надо думать, что увеличение тиража «Исследований» приведет к снижению стоимости последующих выпусков. И если любители астрономии и все, кто заинтересуется этой книгой, сделают предварительные заказы, стоимость выпуска может значительно снизиться. На последней странице XVII выпуска опубликовано содержание следующего XVIII, ожидаемого в 1985 году, так что каждый читатель уже сейчас может с ним познакомиться.



Новые геологические карты

Вышли в свет последние девять листов «Геологического атласа мира», публикуемого ЮНЕСКО и Международной комиссией по геологической карте мира. Впервые дано исчерпывающее представление о геологической изученности всей Земли, отвечающее современному состоянию науки и практическим потребностям.

Атлас состоит из 22 листов карт, масштабы которых 1:10 000 000 для континентальных областей и 1:36 000 000 для океанов. Каждый лист или их

Академик
Г. А. АВСЮК



Книга о Иване Дмитриевиче Папанине

Дважды Герою Советского Союза, всемирно известному полярнику, доктору географических наук, контр-адмиралу Ивану Дмитриевичу Папанину исполнилось девяносто лет (Земля и Вселенная, 1984, № 6, с. 33.—Ред.). Это знаменательное событие издательство «Мысль» отметило в 1984 году выпуском книги о Папанине, который и по сей день находится в строю активных деятелей Академии наук СССР. Он ведет созданием академического научного флота и организацией комплексных экспедиций в Мировой океан, Папанин бессменный председатель Московского филиала Географического общества СССР.

В книге известного советского историка географии Г. С. Тихомирова «Герой Арктики Иван Папанин» интересно и документально рассказывается о жизненном пути нашего замечательного современника. 17 небольших глав расположены в хронологической и, в известной мере, логической последо-

вательности. Здесь и деятельность И. Д. Папанина в годы революции и гражданской войны, и работа на Земле Франца-Иосифа, мысе Челюскин, Северном полюсе. Отдельные главы посвящены жизни папанинской «четверки» на дрейфующей льдине, Северному морскому пути, военной и по-



слевоенной деятельности Ивана Дмитриевича Папанина, книгам, написанным самим Папаниным, и книгам о нем.

В книге «Герой Арктики Иван Папанин» использовано много новых документов и материалов о трудовой, военной и научно-организаторской деятельности Ивана Дмитриевича. Жизненный путь И. Д. Папанина — прекрасный и поучительный пример для нашего молодого поколения — ярко и увлекательно показан автором книги. Автор хорошо знает не только опубликованные, но и многие еще не опубликованные материалы о И. Д. Папанине, которые он умело использует, излагая события личной жизни героя на общем фоне жизни нашей страны.

Документальный биографический очерк «Герой Арктики Иван Папанин» далеко выходит за пределы полярной тематики. Здесь интересно, образно и ярко передан героический жизненный путь нашего замечательного современника.

тематически связанная группа сопровождается объяснительной запиской на английском и французском языках.

Одновременно выпущена первая из карт, публикуемых в соответствии с Международным проектом картирования дна Тихого океана и его обрамления, который осуществляется Международным сою-

зом геологических наук. Весь комплект будет состоять из пяти многоцветных геологических карт масштаба 1:10 000 000. Первый же лист охватывает весь континент Северная Америка и северо-западную часть Южной Америки.

На картах, составленных с помощью ЭВМ, выделены

23 возраста геологических пород суши и 13 видов осадочных пород дна океана. Обозначены все пункты, где проводились работы в соответствии с Международным проектом глубоководного бурения в море с борта научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер».

Episodes, 1984, 7, 2

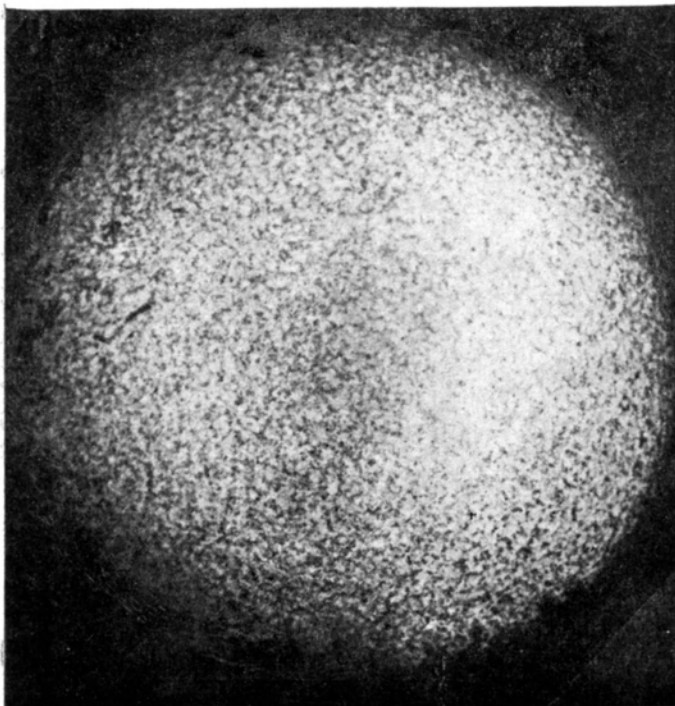
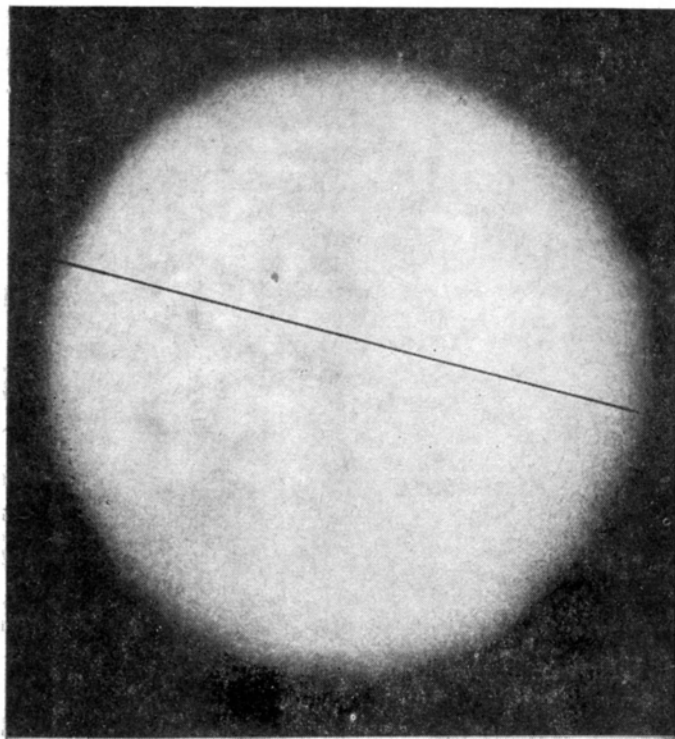


Солнце в январе — феврале 1985 года

Активность Солнца в январе—феврале 1985 года была сравнительно невысокой. В середине января и до конца месяца по диску проходили две достаточно крупные группы пятен. Одна из них, возникшая вблизи экватора, быстро развивалась и приобрела довольно сложную конфигурацию. Эти группы повышали число W до 40—45.

В феврале на Солнце можно было наблюдать лишь отдельные небольшие пятна и поры. Иногда на фотогелиограммах не удавалось обнаружить сколько-нибудь заметных признаков активности. В такие периоды соответственно и хромосферная активность была незначительной. На снимках видно, что ячеистая структура практически однородна почти по всему диску.

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



Земля и Вселенная

• ИЮЛЬ • АВГУСТ • 4/85

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

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

Телефоны: 227-02-45, 227-07-45

Художественный редактор **Е. А. Проценко**

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

На четвертой странице: самодельный кометискатель (к статье **А. И. Бычкова**). Рисунок **Е. Тенчуриной**

Первую страницу обложки (к статье **Р. Б. Ахмедова**) оформил **Б. М. Разин**

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

Редакционная коллегия:

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

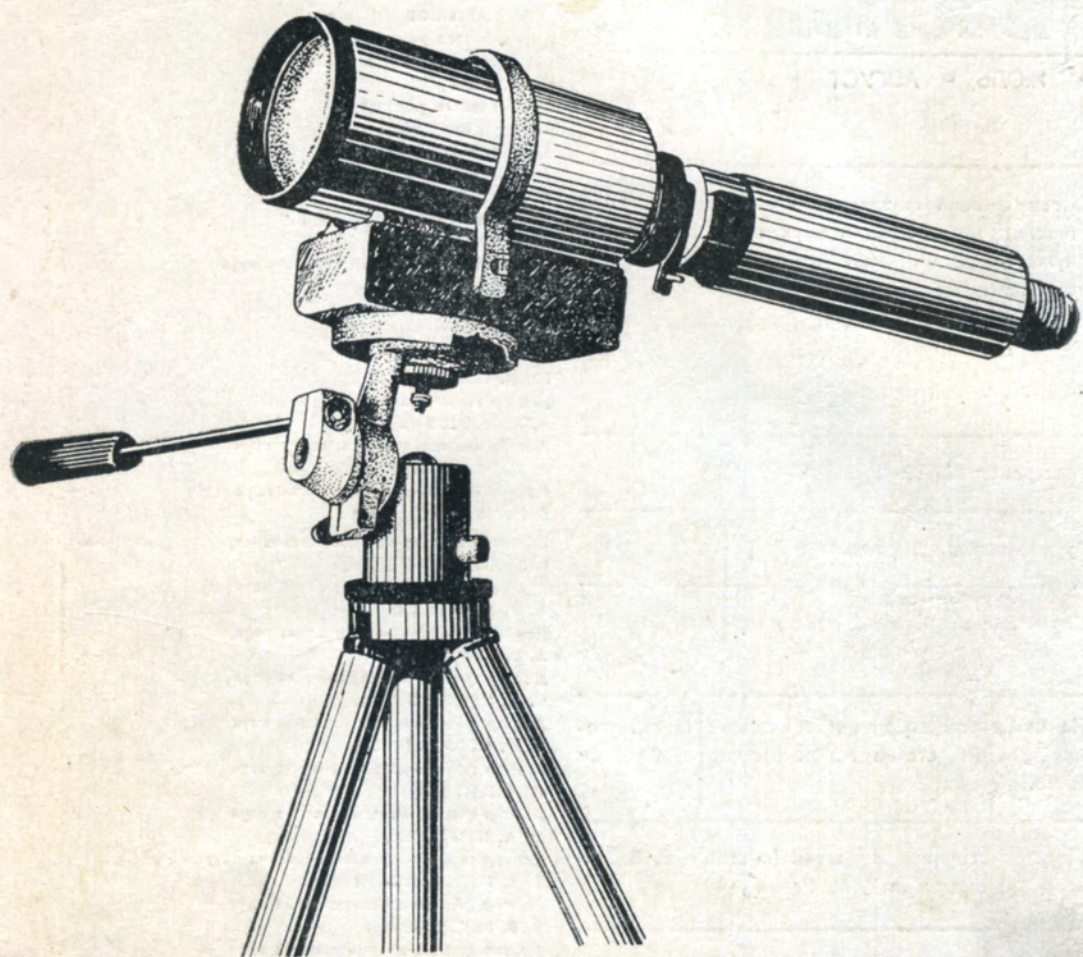
Сдано в набор 18.04.85. Подписано к печати 20.06.85 г. Т-00892. Формат бумаги 70×100¹/₁₆. Высокая печать

Усл.-печ. л. 7,74. Уч.-изд. л. 10.1. Усл. кр.-отт. 440,8 тыс. Бум. л. 3,0. Тираж 40 800 экз.

Заказ 1086. Цена 65 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука». 103717 ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., 21.

2-я типография издательства «Наука», 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 6



Земля и Вселенная

ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 65 КОП.

ИНДЕКС 70336

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА ●

4/85