

3 1980 ЗЕМЛЯ
И
ВСЕЛЕННАЯ

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



Президент Академии наук СССР, трижды Герой Социалистического Труда, академик А. П. Александров

На общем собрании Академии наук СССР, проходившем с 3 по 6 марта 1980 года, президентом Академии наук СССР вновь избран академик Анатолий Петрович Александров.

Вице-президентами Академии наук СССР избраны академики В. А. Котельников, Е. П. Велихов, А. А. Логунов, Ю. А. Овчинников, Б. Н. Петров, А. В. Сидоренко, П. Н. Федосеев, вице-президентом — председателем Сибирского отделения АН СССР — академик В. А. Коптюг.

Главным научным секретарем президиума АН СССР избран академик Г. К. Скрябин.

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

3 МАЙ
ИЮНЬ
1980

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

- Ю. А. Израэль, А. И. Симонов, А. В. Цыбань — Исследование
загрязнения Тихого океана 2
В. Г. Корт — Основные проблемы гидрологии Тихого океана 6
С. Л. Соловьев — Цунами 12

- В. Л. Барсуков — Луна — далекая и близкая 17
Д. А. Варшавович, С. А. Левшаков — Квазары и молекулярные
облака 23
В. Б. Брагинский — Проблема обнаружения гравитационных волн
М. Б. Каплунов, Ю. М. Паянский — Космическая связь на Олим-
пиаде-80 36

ЛЮДИ НАУКИ

- А. А. Космодемьянский, В. Н. Сокольский — Вальтер Гоманн 39
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ
В. Г. Горбачкий — XVII Генеральная ассамблея МАС 44
С. О. Кузьмин — Конференция молодых радиоастрономов 50

ЭКСПЕДИЦИИ

- Р. В. Озмидов — 22-й рейс «Дмитрия Менделеева» 53
ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- О. Л. Кусков, Н. И. Хитаров — Ранняя стадия физико-химической
эволюции Земли 59

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- Ю. Ю. Палко — Школьники наблюдают Солнце 65
Н. П. Перекатий, А. С. Гадун — Юношеская обсерватория в Бер-
дянске 66

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

- В. А. Орлов — Олимпийские игры и... космос 67

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- Е. П. Левитан — Философские рубежи науки о Вселенной 70
И. Т. Зоткин — «Планеты и их наблюдение» 72
В. Е. Степанов — «Взрывные процессы на Солнце» 74

- ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ 76

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Озон в приземной атмосфере [22]; Спутник пульсара — планета! [33]; Двой-
ные квазары [34]; Метеорит Царев [35]; «Вертикаль-8» исследует Солнце
[41]; Полезное загрязнение атмосферы! [43]; Радиолокационные наблюдения
Венеры [51]; Массивный объект в ядре Галактики! [52]; Временные рентге-
новские источники [52]; Рейсы кораблей науки (июль — декабрь 1979) [57];
Филателия — научному конгрессу [69]; Новые книги [64, 74, 75]; статьи и за-
метки о Луне, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1979 годах [78].
Оформление обложки А. Н. Ковалева (к статьям о XIV Тихоокеанском науч-
ном конгрессе).

Тихий океан — крупнейший на нашей планете источник пищевых и минеральных ресурсов. На его побережьях и островах живет почти треть человечества, поэтому сохранение экологического равновесия в Тихоокеанском бассейне и защита его от загрязнения становится теперь заботой многих стран мира. В конце августа 1979 года в Хабаровске состоялся XIV Тихоокеанский научный конгресс. Ученые более 40 стран обсуждали проблемы окружающей среды, минеральных, энергетических и биологических ресурсов Тихого океана, а также социально-политические и экономические аспекты их использования. Ниже публикуется несколько докладов, обсуждавшихся на конгрессе.

Мировой океан — это не только огромная кладовая ценных полезных ископаемых и пищевых продуктов, это также регулятор жизненно важных процессов на Земле. В результате фотосинтеза в океане создается свыше половины всей продукции углерода.

В последние десятилетия под влиянием человеческой деятельности Мировой океан стал все сильнее загрязняться, что приводит к изменению его характеристик и свойств. Загрязняющие вещества попадают в морскую воду вместе с атмосферными осадками, речными стоками, при морских перевозках, добыче нефти и т. п. Полагают, что атмосферные переносы загрязняющих веществ существенно влияют на их глобальное распространение в Мировом океане. В атмосферных аэрозолях были обнаружены такие вредные вещества, как бенз/а/пирен, полихлорированные бифенилы, дихлордифенилдихлорэтан, ртуть, свинец, галогенуглеводороды.

Член-корреспондент АН СССР

Ю. А. ИЗРАЭЛЬ

Доктор географических наук

А. И. СИМОНОВ

Доктор биологических наук

А. В. ЦЫБАНЬ

Исследование загрязнения Тихого океана

Ученые разных стран объединяют свои усилия, чтобы предотвратить нежелательные биологические последствия и экологические эффекты загрязнения бассейна Тихого океана.

Половину бассейна Мирового океана занимает Тихий океан. Своеобразие природы определило высокую продуктивность Тихого океана — здесь добывают почти половину мирового объема морских продуктов («Земля и Вселенная», 1978, № 2, с. 46—51.— Ред.). На колоссальных глубинах Тихого океана завершается интенсивное накопление питательных солей и заканчивается регенерация биогенных элементов, играющих важную роль в образовании органического вещества.

Особенности циркуляции вод во многом определяют распространение кислорода, биогенных элементов и развитие биоты в Тихом океане. Питательные соли в поверхностных водах сконцентрированы в наибольших количествах в субарктической и антарктической областях, экваториальном районе и на восточной периферии океана, а в циклонических зонах, особенно в областях апвеллингов у берегов Америки и острова Явы, развивается обильный зоопланктон. Биомасса его может достигать огромных величин — нескольких грамм и даже десятков грамм в кубическом метре. В этом самом древнем океане (его возраст, как и возраст земной коры, насчитывает миллиарды лет) сложился благоприятный для развития жизни температурный и газовый режим. Однако в последнее время он нару-

шается под влиянием загрязнения океана.

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Особую остроту сейчас приобретает проблема микробиологического загрязнения морской среды, преимущественно в прибрежных зонах, куда с антропогенным стоком поступает много микроорганизмов, и потому опасность заражения фауны и флоры там особенно велика. К отрицательным экологическим эффектам приводят также процессы эвтрофирования — обогащения морской среды органическим веществом. Процессы эти не всегда локализованы в прибрежных районах, иногда они очень быстро распространяются в глубь акватории. В результате гибнет много рыбы, а также вторично загрязняется океан.

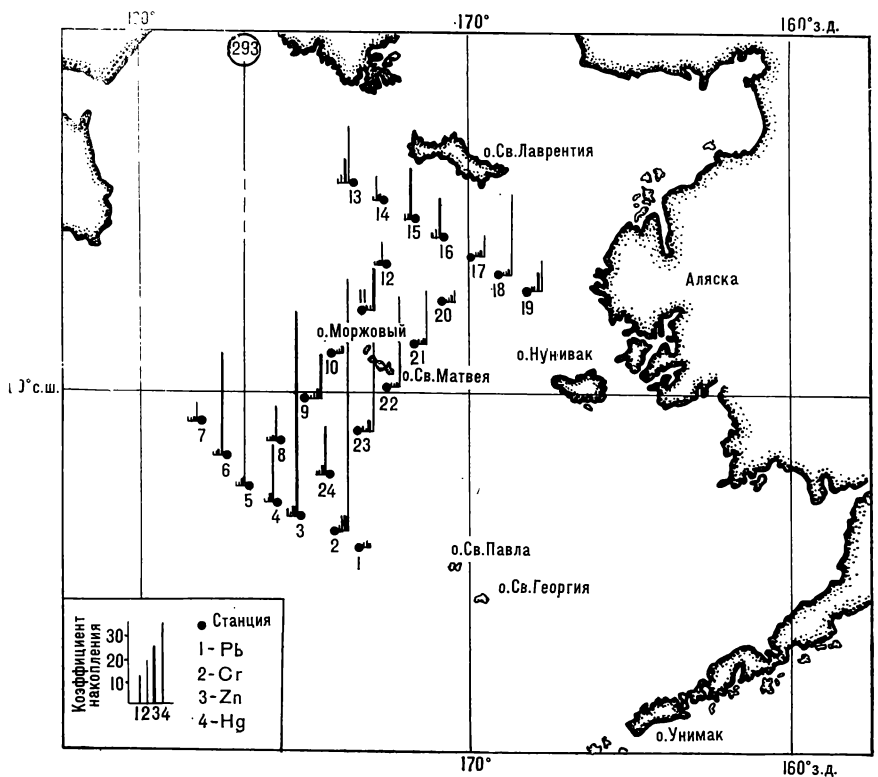
Антропогенное воздействие на Тихий океан в наибольшей степени сказалось в загрязнении его нефтью и нефтепродуктами. В северо-западном и юго-восточном районах Тихого океана содержание нефтяных углеводородов доходит до 200 мкг/л, в юго-западных и в Японском море — до 380 мкг/л. Большие площади океана постоянно «затянуты» нефтяной пленкой: нефтяные комочки распространены по всей системе Курисио, у Панамского канала, в Южно-Китайском и Желтом морях, а также на огромной акватории от Гавайских островов к северу до Аляски и к востоку до берегов Северной Америки. Самая высокая их концентрация (до 100 мг/м²) обнаружена к югу от Японии между Гавайскими



островами и побережьем Северной Америки, то есть в районах интенсивного судоходства. Нефтяные пленки существенно влияют на скорость испарения, проникновение света, газо- и теплообмен, а нефтяные агрегаты часто обрастают водными организмами и образуют целые плавающие сообщества организмов в приповерхностном слое океана. Это — серьезная угроза для морской флоры и фауны, ведь общее количество нефтяных агрегатов в открытых районах океана сейчас около 0,7 млн. тонн (во время второй мировой войны, как показывают расчеты, общее количество нефтяных агрегатов составляло не более 0,06 млн. тонн).

Длительное воздействие нефтяных углеводородов, особенно ароматических, вызывает отрицательные физиологические, биохимические и генетические последствия, а это приводит к нарушению жизнедеятельности практически всех живых организмов. Распространение нефти на поверхности океана может вызвать и климатические аномалии. Нефтяные пленки снижают испарение воды с поверхности, а это в субтропических и умеренных широтах, где они больше всего распространены, приведет к уменьшению влажности воздуха.

К числу высокотоксичных загрязняющих веществ относятся также **тяжелые металлы**, циркулирующие в океане в основном в прибрежных и шельфовых зонах. Наиболее опасный из них — ртуть. Концентрация ее в водах Тихого океана достигает 0,2 мкг/л. Накопление других тяжелых металлов (например, кобальта, железа, цинка, кадмия, свинца) обнаружено во многих районах. Осо-



бенно заражен ими планктон. В июле 1977 года советско-американская экспедиция в Беринговом море установила, что содержание этих металлов в планктоне в 10^2 — 10^4 раз (коэффициент накопления тяжелых металлов) больше, чем в морской воде. Высокая концентрация меди и цинка снижает сопротивляемость рыб к эпидемическим заболеваниям. Токсические металлы прямо воздействуют на хромосомы, вызывая генетические повреждения морских организмов.

Как известно, при испытаниях ядерного оружия в зоне Тихого океана в его воды попало значительное количество **радиоактивных веществ** («Земля и Вселенная», 1967, № 2, с. 44—46.—Ред.). Многолетние наблюдения с судов погоды Гидроме-

теослужбы СССР показали, что максимальные концентрации радиоактивных веществ (около 1 пКи/л) наблюдались в 1964—1965 годах в северо-восточной части Тихого океана. Запас стронция-90 и цезия-137 в Японском море и над Марианской впадиной составлял в верхнем 1000-метровом слое более 100 мКи/км². Позднее практически по всей акватории океана содержание радиоактивных веществ постепенно уменьшалось, так что в 1974—1977 годах концентрация стронция-90 и в северной части океана была уже около 0,15 пКи/л.

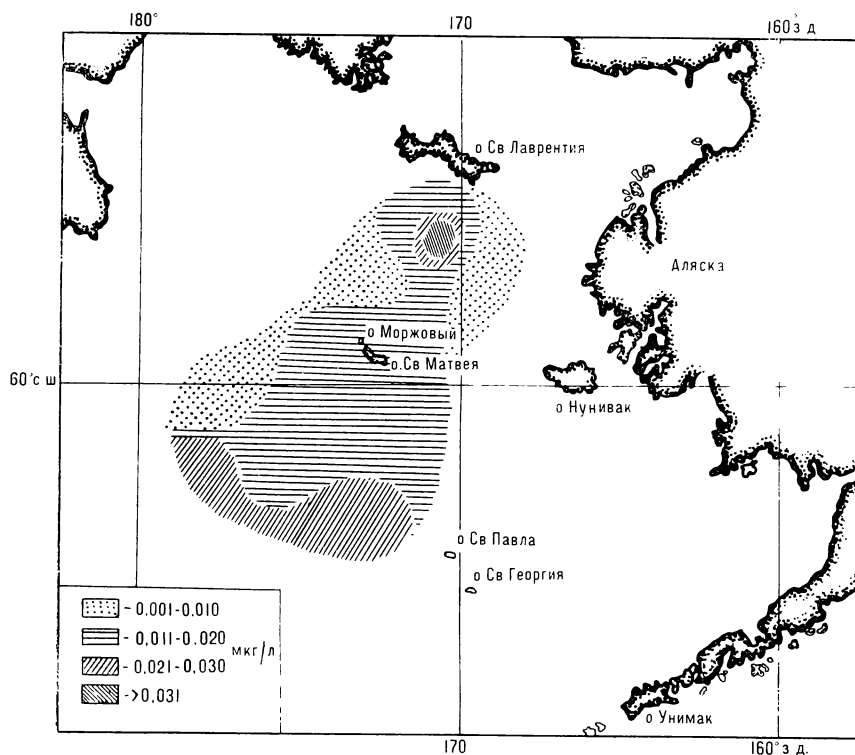
В отличие от нефти и тяжелых металлов, **хлорированные углеводороды** составляют группу неприродных компонентов. Но они применяются в сельском хозяйстве, промышленности и активно циркулируют во внешней среде. Дихлордифенил-дихлорэтан и его производные, а также полихлорированные бифенилы поступают в морскую среду благодаря атмосферному переносу. Согласно наблюдениям, проведенным Государственным океанографи-

Кoeffициенты накопления тяжелых металлов в планктоне в восточной части Берингова моря (на станциях 1, 10, 14 содержание ртути не определялось). Измерения проводились в июле — августе 1977 года

ческим институтом Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды в 1977 году в северо-восточной части Северной Атлантики, суммарное содержание дихлордифенилхлорэтана и его производных в поверхностном микрослое воды достигало 0,09 мкг/л, а в подповерхностном — 0,005 мкг/л. Полихлорированные бифенилы, как и тяжелые металлы, вызывают отрицательные реакции у рыб, патологию их внутренних органов.

В последние годы в морской воде обнаружено много микроорганизмов, усваивающих в процессе роста полихлорированные бифенилы. Это говорит о том, что хлорированные углеводороды прочно вошли в химическую компоненту некоторых морских экосистем — морская микрофлора начала адаптироваться к неприродным компонентам среды. При последующей трансформации таких устойчивых токсических соединений обычно появляются промежуточные продукты их превращения, зачастую не менее вредные, чем исходные. Биомасса микроорганизмов, развивающихся на химических токсикантах, губительна для морских животных и растений, особенно на ранних стадиях их жизни.

Доказано, что при загрязнении океана полициклическими ароматическими углеводородами у живых организмов проявляются мутагенные и канцерогенные эффекты. Индикатором загрязнения среды канцерогенными ароматическими углеводородами считается бенз/а/пирен, который теперь включен в перечень контролируемых химических веществ. В океан он попадает благодаря атмосферному переносу и выпадению полициклических ароматических углеводородов на водную поверхность. Существенный вклад в загрязнение вод бенз/а/пиреном дают также процессы микробного и химического превращения нефтяных углеводородов. Результаты советско-американской экспедиции в Беринговом море показали, что концентрация бенз/а/пирена в водной толще здесь колеблется в пределах 0,005—0,035 мкг/л (в районе работ) и повышается в приповерхностном



слое. Но особые опасения вызывает накопление этого токсического вещества в живых организмах. В них его содержится почти в 3000 раз больше, чем в морской воде.

ОХРАНА ВОДНОЙ СРЕДЫ

В проблеме охраны Тихого океана от загрязнения на первом месте стоит охрана континентального шельфа. Объясняется это многими причинами. Во-первых, континентальные шельфы Берингова моря, залива Аляска отличаются исключительно высокой продуктивностью и разнообразным видовым составом фауны и флоры. Во-вторых, эти районы богаты нефтью, газом, металлами. В Советском Союзе еще в 1968 году из-

дан Указ Президиума Верховного Совета СССР «О континентальном шельфе Союза ССР» и в 1969 году принято Постановление Совета Министров СССР «Об охране континентального шельфа СССР». Выполняя их, Государственный комитет Гидрометеослужбы СССР организовал наблюдения за качеством среды на континентальном шельфе морей, омывающих берега Советского Союза, в том числе и на шельфе Тихого океана. И теперь 164 океанографические станции осуществляют в этих районах контроль химических, физических и биологических показателей.

Главные направления, по которым ведутся исследования загрязнения и его биологических последствий в бассейне Тихого океана, включают: динамику загрязнения прибрежных вод тяжелыми металлами, хлорированными и нефтяными углеводородами; распространение загрязняющих веществ в морской среде; влияние загрязнения океана на энерго-, тепло-, газо- и влагообмен его с атмосферой; биологические последствия загрязнения океанской среды; экологическое районирование Тихого океана; выде-

■ *Содержание бенз/а/пирена в поверхностном (на глубине до 0,5 м) слое воды, измеренное в восточной части Берингова моря в июле — августе 1977 года*

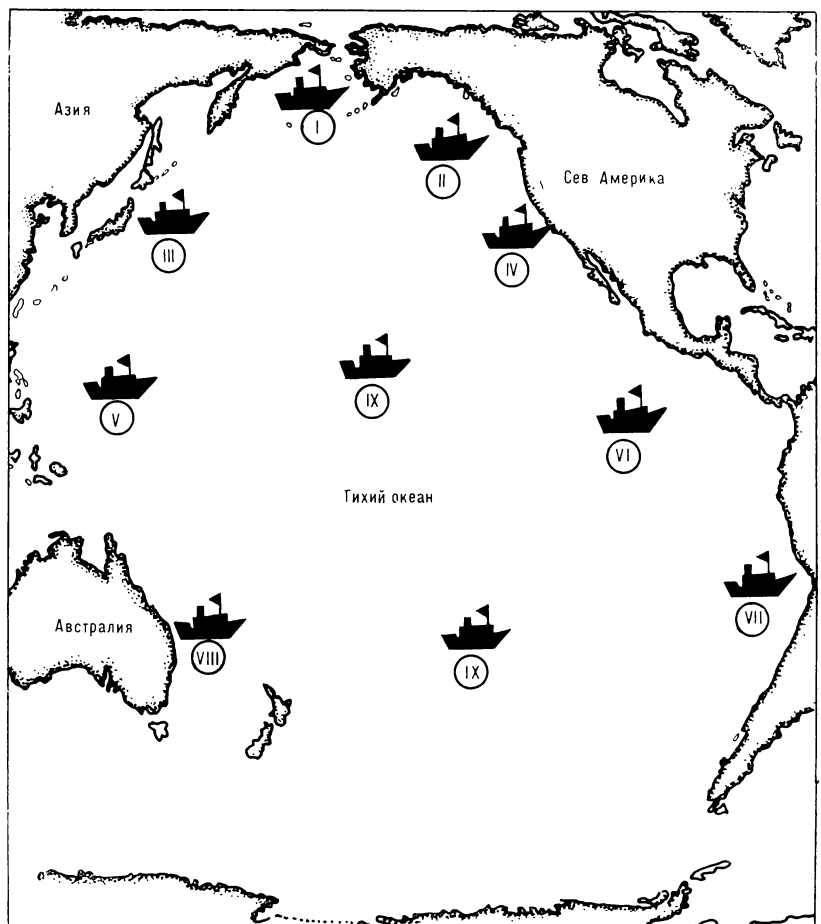
ление «критических» зон в смысле интенсивности и длительности воздействия загрязняющих веществ.

Большое внимание в этих исследованиях уделяется обмену **двуокисью углерода** между атмосферой и океаном. Углекислотно-карбонатная система регулирует некоторые характеристики морской воды и, влияя на химическое равновесие в морях, поддерживает условия, благоприятные для жизни. Поскольку океан поглощает углекислоту антропогенного происхождения, то он может сыграть важную роль в изменении температуры на Земле, а следовательно, и в возможном изменении климата. Но это пока нерешенная проблема. Ее еще больше усложнило то, что обмен двуокисью углерода между атмосферой и океаном теперь сильно нарушился. Объясняется это загрязнением водной поверхности липидными (содержащими жиры и жироподобные вещества) соединениями и нефтяными углеводородами.

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Сейчас необходимо организовать систему долговременных и целенаправленных наблюдений, которые могли бы выявить «критические» источники и факторы воздействия на биосферу и наиболее подверженные этому воздействию элементы биосферы. Такая система получила название **мониторинга состояния окружающей природной среды**. Она должна включать наблюдение за состоянием среды и факторами (источниками) воздействия, их оценку и прогноз на будущее.

Существуют различные виды мониторинга в зависимости от того, какая составляющая биосферы служит объектом наблюдения. Наиболее универсальны **экологический и климатический мониторинг**. К экологическому можно отнести контроль загрязнения природной среды и реакции ее на такие загрязнения (включая изменение возможности биосферы воспроизводить новые ресурсы). Климатический мониторинг предусматривает измерение параметров, непосредственно характеризующих климат, а также состояние климатической системы ат-



мосфера—океан—суша—криосфера—биота и факторов, влияющих на эту систему. **Мониторинг антропогенного воздействия**, в том числе загрязнения вод Мирового океана, должен учитывать основные каналы воздействия и скорость поступления загрязняющих веществ, время их нахождения в морской среде, скорость обмена на границе фаз (вода—донные отложения, вода—приводный слой атмосферы) и т. д.

■ *Зоны в Тихом океане, где предполагается организовать фоновый мониторинг: I — Берингово море, II — Залив Аляска, III — район вблизи Японских островов, IV — Орегонский авеллинг, V — район вблизи Марианских островов, VI — Экваториальное пассатное течение, VII — Перуанский авеллинг, VIII — Большой Барьерный риф, IX — открытый район океана*

Биологический мониторинг занимает особое место, он дает возможность прямо оценивать состояние морских экосистем по биологическим показателям. Объектом наблюдения биологического мониторинга служит цепь морских организмов, которая начинается с мельчайших микроскопических бактерий, включает планктонные (парящие в воде), бентосные (населяющие дно океана), фито-, зооформы и завершается морскими млекопитающими и птицами. В конкретные задачи биологического мониторинга входит систематический контроль важнейших биологических процессов в морской среде.

В практику биологического мониторинга вводятся такие показатели, которые представляют наиболее чувствительные биологические процессы, характеризуют экологически важные биологические последствия, а также позволяют отличить природные



Член-корреспондент АН СССР
В. Г. КОРТ

Основные проб

изменения биологических процессов от изменений, которые вызваны воздействием загрязняющих веществ.

В зависимости от уровней загрязнения среды мониторинг Мирового океана можно разделить на две подсистемы — **импактный и фоновый мониторинг**. Первый реализуется вблизи источников загрязнения, второй оценивает глобальные тенденции изменения природной среды.

Учитывая имеющиеся знания о природе Тихого океана, уровнях его загрязнения и биологических последствиях этого процесса, целесообразно организовать и провести на международном уровне систематические долгопериодные наблюдения в нескольких его районах. Но каким образом выбрать районы? Необходимо изучать, во-первых, экосистемы океана, удаленные от непосредственных источников загрязнения, во-вторых, экосистемы, располагающиеся в районах, где осуществляются или планируются промышленные разработки природных ресурсов, в-третьих, «легкоранимые» и трудновосстанавливающиеся экосистемы океана. Организованный по этому принципу мониторинг морской среды включает систематические долгопериодные наблюдения (в 9—10 районах Тихого океана) фоновых уровней изменения среды. Зоны наблюдений по программе «Биосферные заповедники» предполагается разместить в следующих регионах: Беринговом море, заливе Аляска, районе вблизи Японских островов, Орегонском апвеллинге, районе вблизи Марианских островов, Экваториальном пассатном течении,

Перуанском апвеллинге, Большом Барьерном рифе, открытом районе океана. Советский Союз уже организовал одну станцию в Атлантике и готов начать наблюдения в некоторых районах Тихого океана.

Для климатического мониторинга необходимо выбрать элементы биосферы, определяющие возможные изменения и колебания климата, в частности, зоны океана, определяющие режим погоды на будущее. Академик Г. И. Марчук показал, что значение средней температуры ноября на территории США сильно зависит от радиационных процессов в тропической и субтропической зонах Тихого океана, а значение летних аномалий температур — от процессов в районе Алеутских островов. В качестве международного научного проекта Советский Союз предложил проводить в этих зонах регулярные исследования водных масс и их взаимодействия с атмосферой. Эти исследования уже начаты советскими кораблями погоды.

Борьба за сохранение природной среды Тихого океана требует договоренности об ограничении воздействия человека на элементы среды. Это — и организация биосферных заповедников, и ограничение или запрещение сбросов загрязняющих веществ в океан, и установление контроля со стороны различных государств за распространением загрязняющих веществ. Советский Союз в своей политике в области охраны окружающей природной среды исходит из принципа жизненной важности этой проблемы для всего человечества.

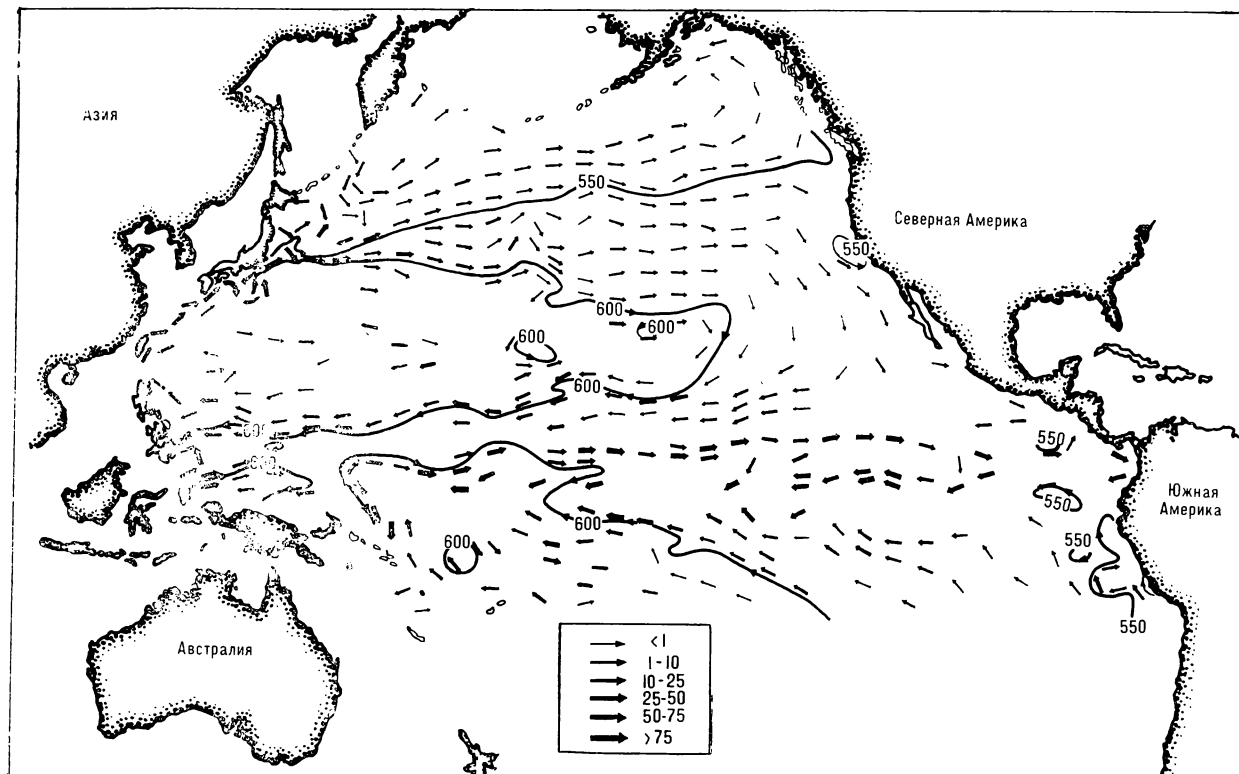
Пространственно-временная изменчивость характеристик водной толщи отражается на многих океанических процессах, а иногда влияет и на некоторые стороны деятельности человека.

Наиболее характерная черта гидрологического режима океана — динамика его водных масс. Океанские течения перераспределяют энергию, тепло и вещества в океане и вместе с климатическими факторами создают определенную структуру и режим его водной толщи. В короткой статье невозможно рассмотреть все проблемы гидрологии Тихого океана, поэтому остановимся только на самых главных проблемах динамики его вод.

КРУПНОМАСШТАБНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ

Изучение общей циркуляции вод Тихого океана имеет давнюю историю. Представление о движении поверхностных вод сначала складывалось из данных о дрейфе и сносе судов, а также «бутылочной почты». В 1935 году немецкий ученый П. Шотт построил карты поверхностных течений Тихого океана для зимы и лета. В дальнейшем, по мере накопления глубоководных измерений температуры и солености, эти карты уточнялись. В результате выяснилось, что циркуляция в верхнем слое океана складывается из больших (планетарных) круговоротов, центры которых смещены к западу. Картина оказалась такой: в полярных и субполярных широтах — это **циклонические круговороты**, в субтропических — **антициклонические**, а между ними — эк-

лемы гидрологии Тихого океана



ваториальная циркуляция. Такая структура горизонтальной циркуляции остается относительно постоянной во времени, но мощность образующих ее систем подвержена внутригодовой, межгодовой и более длиннопериодной изменчивости.

Анализ данных глубоководных гидрологических наблюдений дал возможность установить также глубинную структуру океана. Ее составляют поверхностный (экмановский), подповерхностный, промежуточный, глубинный и придонный слои. По предложению известного немецкого океанографа А. Дефанта первые два

слоя и верхняя часть промежуточного слоя (по изотермической поверхности, соответствующей 4°C) названы **тропосферой океана**, остальная глубинная часть — **стратосферой**.

Современные теоретические и экспериментальные исследования на-

■ *Геострофическая циркуляция северной части Тихого океана. Цифрами обозначено давление (в мбар). Стрелки разной толщины соответствуют различной скорости геострофического течения (в см/с)*

правлены на изучение специфических свойств движения вод в каждом из этих слоев. Однако изученность глубинной структуры океанических течений пока крайне низка. Главная причина такого положения — недостаточное количество глубоководных наблюдений на большей части акватории Тихого океана. Поэтому пока невозможно проверить адекватность теоретических моделей океанической циркуляции природным условиям и нельзя провести численные эксперименты по этим моделям.

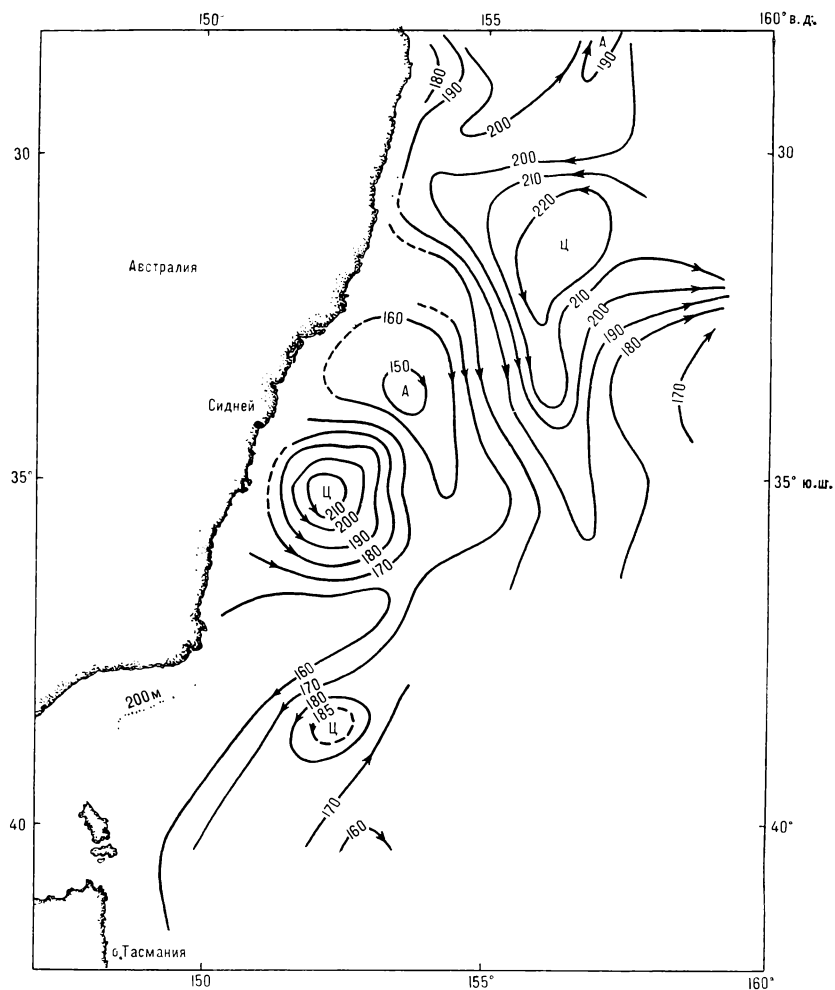
Карта современной изученности гидрологического режима Тихого оке-

ана показывает, что лучше всего освоены западные и восточные окраины его северной части. Здесь на каждой 10-градусной трапеции площади океана проведено более 1000 измерений. Эти же районы в южной части океана изучены намного хуже (только сотни измерений на каждую 10-градусную трапецию). Слабее всего освоены центральные области — на той же единице площади проведены десятки и единицы измерений.

Исследование течений прямыми инструментальными методами по существу только начинается. Сейчас в Тихом океане можно насчитать несколько сотен прямых многосуточных глубоководных измерений. Чтобы уточнить наши представления даже о крупномасштабных чертах общей (трехмерной) циркуляции вод Тихого океана, нужно расширить экспедиционные исследования в малоизученных районах океана и в первую очередь в его глубинных слоях. Необходимо провести возможно полную оценку геострофичности океанических течений с тем, чтобы заменить, где это возможно, дорогостоящие и трудоемкие инструментальные измерения течений дешевыми и быстрыми измерениями температуры и солёности воды. Важнейшая задача этих исследований — создать хорошо обоснованные наблюдения по всей глубине карты общей циркуляции вод Тихого океана, которые могли бы служить в качестве климатических норм динамики всей водной толщи. Но такую задачу можно решить, лишь одновременно развивая численные эксперименты по гидродинамическим моделям трехмерной циркуляции вод океана. Создание подобных климатологических норм нужно для правильной оценки аномалий океанологических характеристик, возникающих в процессе их пространственно-временной изменчивости.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИНАМИКИ ВОД

Долговременные наблюдения основных гидрологических характеристик (течений, температуры) в отдельных районах океана выявили их изменчивость как в пространстве, так и во



времени. Временные масштабы этой изменчивости — от секунд до десятилетий, пространственные — от сантиметров до сотен и тысяч километров. Наибольшей энергией обладают низкочастотные колебания. К числу таких типов изменчивости следует отнести мезомасштабные (синоптические), сезонные и межгодовые флуктуации океанологических характеристик.

Мезомасштабная изменчивость. Она имеет важное практическое значение для многих сторон деятельности че-

ловека, поэтому ее изучение — актуальная задача океанологических исследований. Причина мезомасштабной изменчивости — гидродинамическая неустойчивость сильных океанических течений и фронтальных зон, приводящая к образованию меандров и вихревых систем.

В 1970 году советские океанологи открыли в центральной части Атлантики **вихри открытого океана**, которые, в конечном счете, вызваны реакцией океана на метеорологические возмущения и представляют собой планетарные волны типа волн Россби («Земля и Вселенная», 1979, № 3, с. 14—18.— Ред.). Как **фронтальные вихри**, так и вихри открытого океана — это довольно крупные образования размерами до 200—400 км и фазовой скоростью до 5—10 см/с, распространяющиеся на глу-

■ *Мезомасштабные вихри в Восточно-Австралийском течении. Цифрами обозначено давление (в дбар). Пунктирная линия вдоль берега — 200-метровая изобата. Ц — циклонический, А — антициклонический вихри*

бину от нескольких сотен до 3—4 тысяч метров.

В Тихом океане за меандрированием Куроиси и образованием фронтальных вихрей уже много лет наблюдают японские ученые. Согласно их наблюдениям, наиболее интенсивно меандры образуются в области зарождения Северо-Тихоокеанского течения, где взаимодействуют три течения — Куроиси, Ойяиси и Сангарское. Здесь же формируются и фронтальные вихри — ежегодно 7—8 холодных и столько же теплых. Эти образования размерами в 100—300 км перемещаются со средней скоростью 5 см/с. По спутниковым данным большинство пространственных изменений в Калифорнийском течении происходит вдоль хорошо выраженных фронтальных зон. К юго-востоку от Гавайских островов за год наблюдений (1964—1965) амплитуда синоптических возмущений плотности была в среднем выше тогда, когда усиливалось Северное пассатное течение. Начиная с 60-х годов систематические наблюдения за вихреобразованием в Восточно-Австралийском течении ведут австралийские ученые. В районе, где это течение поворачивает к востоку и северо-востоку (на 35° ю. ш.), постоянно образуются антициклонические вихри, которые затем следуют на юг.

На XIV Тихоокеанском конгрессе приводились новые данные о мезомасштабных вихревых возмущениях в Тихом океане. Установлено, что вихреобразование вблизи подводных гор характеризуется непрерывной иерархией геострофических вихрей. Размеры их изменяются от соизмеримых с пиками подводных гор до мезомасштабных. Например, за горой Милуоки на Императорском подводном хребте удалось проследить пяттерку таких чередующихся в зональном направлении вихрей диаметром около 150 км, составлявших своеобразную вихревую дорожку. В районе Гавайского и Императорского хребтов на полигоне 600×660 кв. миль наблюдалась квазишахматная «упаковка» вихрей в потоке за хребтом. По данным многократных авиационных съемок, выполненных на двух разрезах между Гавайями и Таити с

ноября 1977 года по февраль 1978 года, была выявлена сильная изменчивость всех главных течений тропической зоны Тихого океана с временным масштабом менее двух месяцев. В частности, в Северном Экваториальном течении наблюдались хорошо выраженные интенсивные циклонические вихри диаметром 300—400 км и временем прохождения через фиксированный меридиан порядка одного месяца.

Перечисленными примерами в основном и ограничивается изученность мезомасштабной изменчивости динамики вод Тихого океана. Здесь еще много нерешенных вопросов. Пока мы еще не можем сказать, как географически распределены мезомасштабные вихри по всей акватории Тихого океана, каковы механизмы их формирования, пространственно-временные масштабы, какова энергия в вихрях и скорость ее диссипации, как вихри взаимодействуют и каково их влияние на экологические условия и энергообмен океана с атмосферой.

Сезонная и междугодовая изменчивость. Американский ученый К. Виртки по данным 66 600 гидрологических измерений построил карты динамической топографии Тихого океана для двухмесячных периодов. Анализ этих карт показал, что крупномасштабные сезонные флуктуации динамических высот, вычисленные относительно 500 и 1000 дбар поверхности, хорошо отражаются в режиме экваториальных течений. В субтропических круговоротах в высокоширотных областях динамическая топография изменяется в соответствии с годовым ходом температуры поверхностного слоя океана. Кроме того, изменения динамических высот тесно связаны с меандрированием течений и развитием вихревых возмущений.

Многолетние гидрологические наблюдения на стандартных океанографических разрезах через Куроиси и Калифорнийское течение выявили **полугодовую и годовую изменчивость** интенсивности этих течений. Спектральный анализ 40-летних наблюдений в районе Куроиси подтвердил обнаруженные ранее японскими ис-



следователями крупномасштабные флуктуации интенсивности Куроиси с периодами 1—2 года, 4—5 и 17—19 лет. Природа такой крупномасштабной изменчивости циркуляции вод океана еще строго не установлена, а ведь знание ее механизма помогло бы в разработке методов долгосрочных прогнозов океанологических условий.

Для решения проблемы крупномасштабной изменчивости океана необходимо организовать систему долговременных гидрологических наблюдений на стандартных океанографических разрезах, пересекающих главнейшие течения Тихого океана. Нужно также форсировать развитие программы ОГСОС (Объединенная глобальная система океанических станций), осуществляемой под руководством Межправительственной океанографической комиссии. Еще одна задача, стоящая на очереди дня, — это создание средних многолетних карт основных океанологических полей по сезонам для всей толщ воды Тихого океана.

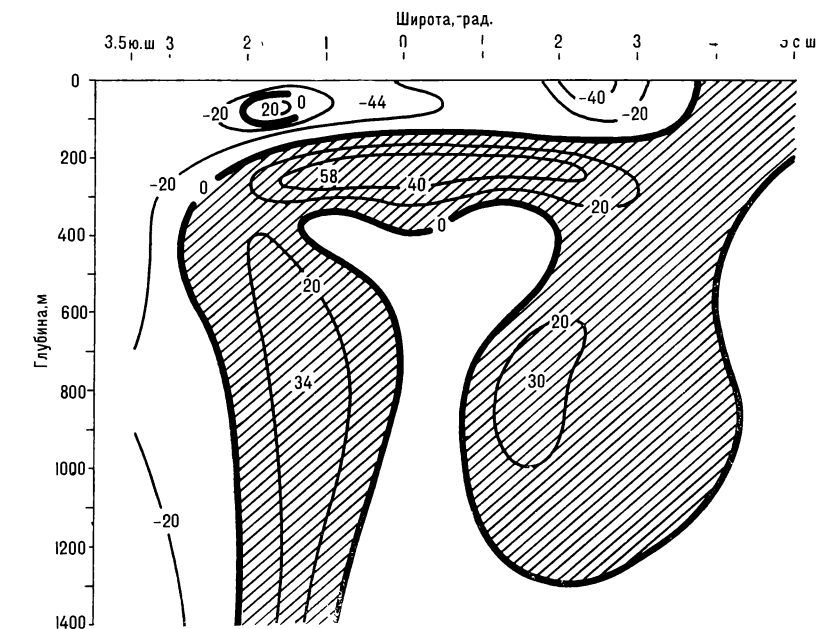
Крупномасштабная циркуляция вод Тихого океана и пространственно-временная изменчивость океанологических характеристик представляют собой глобальные проблемы. Но существуют еще важные, но пока не решенные региональные проблемы. Рассмотрим некоторые из них.

ТРОПИЧЕСКАЯ ЗОНА ТИХОГО ОКЕАНА

Система экваториальных и пассатных течений — важнейшее звено общей циркуляции океанических вод. Здесь наиболее интенсивно происхо-

дит энергообмен между океаном и атмосферой. После открытия в 1952 году течения Кромвелла (поверхностное экваториальное противотечение) внимание ученых к этому району резко возросло, но пока эта важная система остается еще недостаточно изученной. Считалось, что стрежень течения идет вдоль экватора. Однако результаты советских экспедиций показали, что на самом деле течение Кромвелла испытывает волнообразные колебания около экватора, то есть меандрирует. Правда, параметры этих меандров достоверно не установлены. Течение тесно связано с полями океанологических характеристик, например, на южной его границе часто наблюдается «язык» повышенной солёности, а на северной — пониженной. Однородный слой в центральной части океана находится над ядром, а в восточной — под ядром противотечения. По мере продвижения на восток мощность течения Кромвелла падает в несколько раз, очевидно, за счет взаимодействия с окружающей средой, но закономерности такого взаимодействия почти не исследованы. Инструментальные наблюдения на меридиональных разрезах через систему экваториальных течений показали их крайне сложную глубинную структуру. В узкой экваториальной полосе по вертикали и по горизонтали соседствуют узкие и быстрые течения противоположного направления. Система экваториальных течений многослойна. Несмотря на некоторые успехи теоретических исследований экваториальных течений, законченной трехмерной теории этих течений пока не существует.

Не менее сложен режим и структура течений тропической зоны океана. Сезонную и многолетнюю изменчивость тропических и экваториальных течений в последние годы много изучали американские океанографы. Так, К. Виртки удалось показать связь между колебаниями градиента уровня поверхности океана по меридиану и изменчивостью скорости тропических и экваториальных течений. Используя эту связь, он проследил изменчивость течений за 20 лет (1950—1970). Оказалось, что **Северное**



пассатное течение и **Межпассатное противотечение** в годовом ходе изменяются синхронно, но в противофазе с **Южным пассатным течением**. Изменчивость пассатных течений обусловлена главным образом не изменением силы пассатных ветров, а изменением их положения. Использованный Виртки метод корреляции градиента уровня поверхности океана и скорости течения весьма перспективен для изучения крупномасштабной изменчивости океанологических полей.

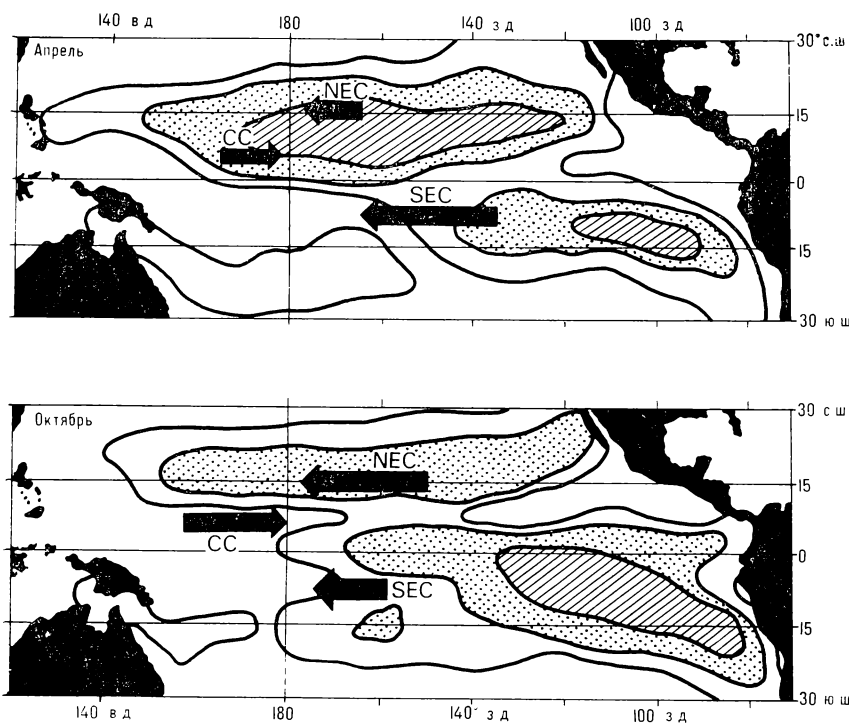
Один из наиболее важных результатов исследований по программе совместного изучения **Курисио** и прилегающих районов — открытие и обследование японскими и советскими учеными **Субтропического противотечения**, идущего со скоростью 0,2—1,3 узла с запада на восток в зоне между 20° и 25° с. ш. Это противоте-

чение наблюдается почти во все сезоны года, а стрежень его испытывает значительные смещения по широте (на 2—3°). Максимальный расход в субтропическом противотечении за период 1965—1970 годы наблюдался весной 1967 года и составил $37,2 \cdot 10^8$ м³/с. К востоку противотечение ослабевает.

В 1959 году американский океанограф Дж. Рид опубликовал сообщение о существовании **Южно-Экваториального противотечения**, проходящего вблизи 10° ю. ш. Как было потом установлено, противотечение шириной в 300—600 км распространяется на несколько сот метров в глубь океана, а скорость в ядре течения колеблется от 10 до 30 см/с. Верхний 100-метровый слой противотечения всегда ассоциируется с минимумом солёности (34,00—34,80‰). Однако, как далеко на восток распространяется это противотечение, пока достоверно не установлено.

Все эти данные говорят о чрезвычайно сложной динамической структуре системы тропических и экваториальных течений. Можно надеяться, что исследования, проводимые сейчас по программе ПИГАП, а также дальнейшие детальные исследования

■ *Глубинная структура системы экваториальных течений Тихого океана по меридиану 180°. В заштрихованных областях течения движутся на восток, в незаштригованных — на запад. Цифры на изолиниях — скорость течений (в см/с)*



системы тропической и экваториальной циркуляции вод Тихого океана дополняют наши знания о природе и структуре течений.

ФРОНТАЛЬНЫЕ ЗОНЫ В СИСТЕМЕ КУРОСИО

В 1965 году под руководством Межправительственной океанографической комиссии начались исследования течения Куроисио и прилегающих районов Тихого океана. В осуществлении этой программы приняли участие специалисты СССР, Японии, США, Филиппин и других стран. Район исследований лежал между па-

■
Сезонная изменчивость системы экваториальных течений в Тихом океане (показана различной штриховкой). В области, обозначенной косой штриховкой, наблюдается наибольшая повторяемость северо-пассатных и южно-пассатных ветров, в незаштрихованной области повторяемость наименьшая. NEC — Северо-восточное пассатное течение, SEC — Юго-восточное пассатное течение, CC — Межпассатное противотечение

раллелями 20° и 43° с.ш., с запада он ограничивался Тихоокеанским побережьем островов Хонсю и Хоккайдо, с востока — меридианом 155° в.д. Работы проводились до 1975 года и были получены новые данные о динамической структуре и режиме течения Куроисио. В настоящее время участники этой программы пришли к заключению, что необходимо расширить район исследований на всю северо-западную часть Тихого океана. Научная программа этого нового международного проекта, получившего название «Вестпак» (исследование западной части Тихого океана), сейчас разрабатывается. Одна из важных задач этого проекта — детальное исследование сложной структуры и режима северо-тихоокеанского океанологического фронта.

КРУПНОМАСШТАБНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

В 60-х годах японский ученый М. Уда проанализировал зависимость температуры поверхности северной части Тихого океана (между 140° в.д.

и 120° з.д. и 35—50° с.ш.) от колебаний атмосферного давления над этим районом. Для анализа он использовал данные за 30-летний период (1911—1941). В результате удалось установить, что крупномасштабная изменчивость поля поверхностной температуры обусловлена изменением градиента давления между Сибирским максимумом и Алеутским минимумом, то есть муссонным режимом атмосферной циркуляции. Оказалось, что цикличность этого взаимодействия имеет период около 7 лет. Полученная связь использовалась для разработки методов прогноза океанологических условий в рыбопромысловых районах океана.

С иных позиций подошел к оценке крупномасштабного термодинамического взаимодействия океана и атмосферы автор статьи. В основе предложенной им модели лежит адвекция (перенос) тепла в системе течений северного субтропического антициклонического круговорота вод. Сравнение межгодичной изменчивости теплосодержания в деятельном слое океана в районах течений Куроисио и Калифорнийского показало, что экстремальное теплосодержание Куроисио у берегов Японии наступает в среднем на 4—6 лет позже, чем в Калифорнийском течении.

Используя этот сдвиг по времени, а также тот факт, что усиление теплосодержания Куроисио приводит к усилению западного переноса в атмосфере, автор построил замкнутую систему крупномасштабного взаимодействия северной части Тихого океана с атмосферной циркуляцией над ним. Система имеет циклический характер со средним периодом около шести лет, который обусловлен главным образом скоростью прохождения температурных аномалий в бароклинной толще океана. Если рационально организовать наблюдения за изменениями теплосодержания в Калифорнийском течении и Куроисио, то можно решить проблему долгосрочного (на 3—5 лет) океанологического и климатического прогноза для северной части Тихого океана и прибрежных районов суши. Этот пример подчеркивает важность и перспективность дальнейшего развития меж-

дународных гидрологических исследований в системах крупномасштабных круговоротов воды в Тихом океане.

ЯВЛЕНИЕ ЭЛЬ-НИНЬО

Время от времени вдоль Тихоокеанского побережья Южной Америки теплые экваториальные воды начинают продвигаться далеко на юг. Такое нарушение гидрологического режима, названное явлением Эль-Ниньо, приводит к катастрофическим последствиям. Гибнут промысловые холодолюбивые рыбы, смывается в океан важное минеральное сырье — селитра, наступают ливневые дожди и т. д. На связь этого явления с крупномасштабными процессами в океане и атмосфере около десятилетия назад впервые указал норвежский ученый И. Бьеркнес. Главный механизм этой связи, по его мнению, кроется во взаимодействии Индонезийского минимума атмосферного давления и Южно-тихоокеанского максимума с системой экваториальных течений.

Используя эту гипотезу, К. Виртки обнаружил связь между индексом атмосферной циркуляции, определенной как разность атмосферного давления между островом Пасхи и портом Дарвин (Австралия), и интенсивностью экваториальных течений в центральной части Тихого океана. На этой основе он предложил метод прогнозирования явления Эль-Ниньо на полгода или на год вперед. Виртки получил также прогностическую связь между разностью уровня в центральной части Тихого океана и температурой воды у берегов Южной Америки. Но и гипотеза Бьеркнеса и результаты Виртки — пока лишь подход к пониманию сложного и разномасштабного по своему характеру явления Эль-Ниньо. Для решения этой проблемы необходимо организовать широкие международные исследования во всей тропической зоне Тихого океана и в прибрежных водах Южной Америки. Нужно установить более точно количественные связи между процессами океанической и атмосферной циркуляции и определить их пространственно-временной режим.

Член-корреспондент АН СССР
С. Л. СОЛОВЬЕВ

Цунами

Как зарождаются волны цунами, почему они образуются в океане и можно ли предсказать их появление на берегу?

ЧТО ТАКОЕ ЦУНАМИ?

Наводнения, вызванные цунами, — одно из самых страшных стихийных бедствий. Они не раз возникали в Средиземном и Карибском морях, у южного побережья Индонезии и в других районах Атлантического и Индийского океанов. Но чаще всего цунами (более 80%) происходят в Тихом океане. Установленные или предполагаемые очаги этих грозных волн опоясывают его почти сплошным кольцом. За письменную историю человечества в Тихом океане отмечено около тысячи случаев цунами, из них около сотни с тяжелыми последствиями.

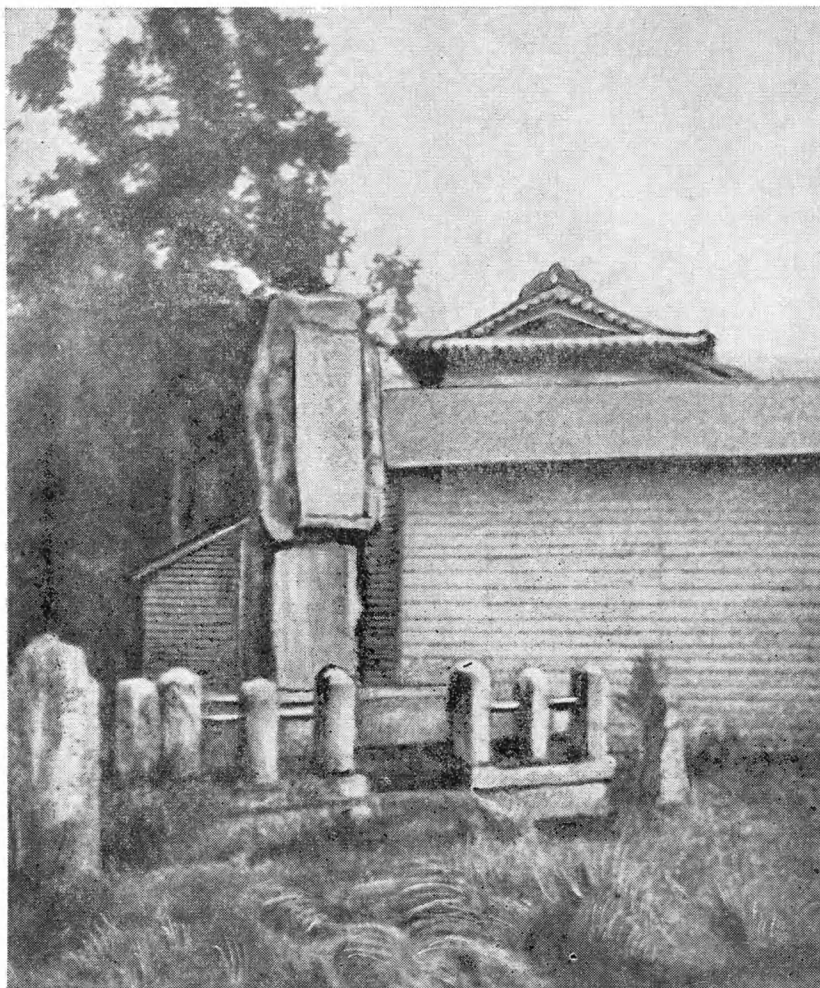
Эти морские волны из-за огромной длины, в сотни, а то и тысячи километров, нельзя обнаружить в открытом океане без специальных приборов. Зато к берегам они подходят водной стеной, средняя высота которой иногда достигает 10 м, и обладают огромной разрушительной силой. Отсюда и само слово «цунами», в переводе с японского оно означает «волны в гавани». Например, в 1946 году цунами, зародившись у Алеутских островов, обрушились на гавайский порт Хило. Команда пакетбота, стоявшего в миле от берега, наблюдала разыгравшуюся на берегу катастрофу, но не заметила, как волна проходила около судна.



Процесс образования цунами пока никем не наблюдался. О нем можно судить лишь по проявлениям цунами на берегу. В частности, энергетическая оценка и классификация цунами даются по береговым эффектам волн.

Существует несколько шкал для классификации цунами; наиболее популярная из них шкала, предложенная в 40-х годах японским ученым А. Имамуре. За магнитуду цунами в ней принимается логарифм по основанию 2 от высоты подъема воды на наиболее пострадавшем побережье. Такой подход, правда, не строг — ведь по установившейся в сейсмологии традиции магнитуда должна быть энергетической величиной, характеризующей явление в его очаге. Здесь же можно оценить силу цунами лишь на каком-то удалении от очага.

Автор статьи ввел понятие **интенсивности цунами** (I). Эта характеристика получается из замеров максимального или среднего подъема воды на берегу. Высота подъема определяется визуально или с помощью специальных приборов — мареографов. Для шкалы интенсивности цунами составлено и качественное описание баллов. Разрушительные последствия цунами в зависимости от высоты волны у берегов выглядят примерно так. Двухметровая волна ($I \approx 1$) затопляет пологие берега, разрушает легкие постройки, выбрасывает на берег суда. Волна высотой до 4—6 м ($I \approx 2$) повреждает плотины, береговые сооружения, здания. Волна высотой до 10—20 м ($I \approx 3—4$) полностью разрушает или серьезно повреждает все строения, сильно размывает почву и вырывает с корнями или ломает деревья.



Статистика показывает, что в Тихом океане в целом цунами максимальной интенсивности ($I=4$) происходят в среднем один раз в 10 лет, интенсивности $I \geq 3$ — один раз в три года, интенсивности $I \geq 2$ — ежегодно. Цунами с высотой волны на берегу 10 см и более должны возникать где-либо в Тихом океане трижды в месяц.

■
Стела на северной окраине города Офунато в память о катастрофе, вызванной цунами в 1896 году. Такие «памятники цунами» можно часто увидеть на Тихоокеанском побережье Японии

ФИЗИКА ЦУНАМИ И МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ

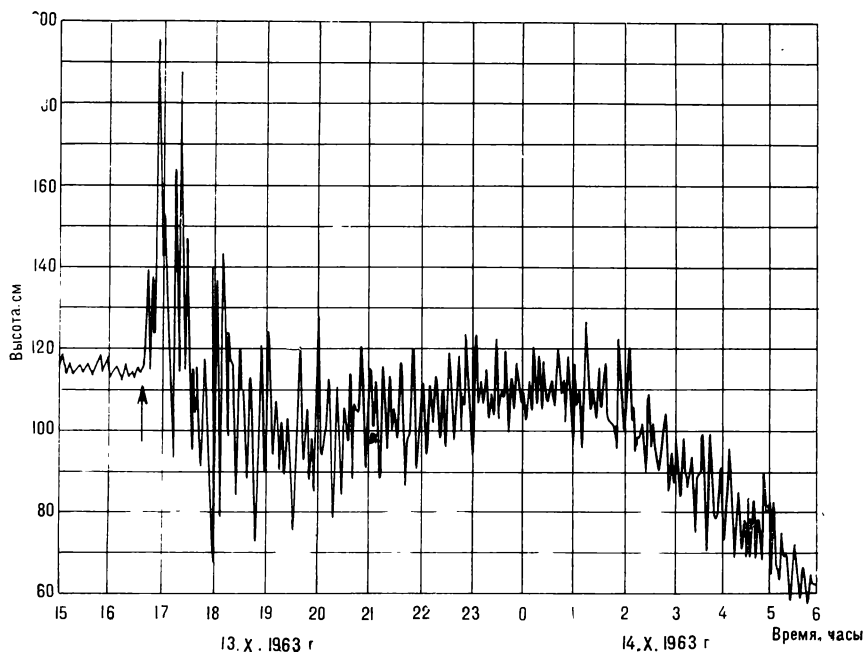
Обычно под цунами понимают **гравитационные волны очень большой длины**, вызванные подводными и прибрежными землетрясениями, иногда вулканическими извержениями, мощными подводными взрывами, обвалами, оползнями, быстрыми флуктуациями атмосферного давления. Но «настоящие» цунами порождаются именно землетрясениями и по своим пространственно-временным характеристикам отличаются от морских волн другой природы.

Изучение цунами показывает, что наиболее вероятно их появление на

берегу в тех случаях, когда землетрясения возникают на шельфе. Здесь слои воды отклоняются от состояния равновесия из-за **вертикальных**, или «поршневых», **подвижек блоков земной коры**. Меньше вероятность цунами на берегу, если они зарождаются в глубоководных желобах, где сейсмические очаги удалены от берега и располагаются на большой глубине и где реже происходят чисто вертикальные подвижки.

Возвышение воды, возникшее вследствие вертикальных подвижек дна или иных причин, под действием гравитации растекается во все стороны и образовавшиеся волны с огромной скоростью разбегаются от центра. **Скорость волн цунами** равна величине квадратного корня из глубины бассейна, умноженной на ускорение силы тяжести. Поэтому в открытом океане она велика и составляет около 700 км/ч (скорость реактивного самолета), а на средней глубине шельфа — 200 км/ч. При постепенном уменьшении глубины воды вдоль пути распространения цунами к берегу высота волны возрастает, а ее длина уменьшается. Правда, подъем воды на берегу зависит не только от общей энергии цунами, но и от особенностей прибрежного подводного и надводного рельефа и от характера грунта. Выше всего вода поднимается в вершинах глубоких узких бухт и на мысах, уходящих в море в виде подводных хребтов. Подвижный грунт, особенно валунно-галечниковый, частично гасит энергию цунами.

Итак, цунами можно рассматривать как потенциальные движения несжимаемой жидкости, вызванные или кратковременным смещением дна водного бассейна или «ударом» по водному слою. Для описания этих движений необходимо находить **гармонические функции**, которые удовлетворяли бы нелинейным условиям на подвижной поверхности воды. Общих методов отыскания таких функций пока не существует. Поэтому приходится пользоваться **приближенными уравнениями**. Но решить их тоже непросто. В последнее время для решения стали широко и успешно применяться численные методы.



Трудности еще и в том, что до сих пор тщательно не оценены все ошибки, связанные с использованием различных приближенных теорий. Поэтому рекомендации по использованию той или иной теории носят пока лишь качественный характер.

Короткопериодные и коротковолновые цунами на большой глубине описывают линейной теорией волн малой амплитуды. Такие волны обладают дисперсией, и частицы воды перемещаются по эллипсам, большая ось которых горизонтальна, а малая вертикальна (от поверхности ко дну она убывает до нуля). Частицы воды движутся по часовой стрелке в направлении распространения волны. Первоначальное возвышение воды над местом точечной деформации дна имеет колоколообразную форму и охватывает область, сравнимую с глубиной океана. Высота этого возвышения пропорциональна объему деформации дна, все же остальные характеристики цунами зависят от среды, где распространяется волна.

■
 Так выглядит запись волн цунами, вызванных сильным землетрясением. Запись сделана поплавковым мареографом

Если поперечник деформируемого участка дна сопоставим с глубиной океана, возникают колебания типа биений. В этом случае передний склон цунами распространяется со скоростью длинных волн.

Сильные цунами на глубокой воде (и не очень сильные на мелкой) вплоть до их подхода к берегу следует описывать линейной теорией длинных волн. Незначительная высота волны цунами по сравнению с ее длиной приводит к тому, что колебания частиц воды в горизонтальном направлении во много раз превышают их колебания по вертикали. В результате возникают мощные накопленные течения, охватывающие всю толщу океана.

Самые сильные цунами описываются различными сложными теориями, учитывающими нелинейность колебаний, их дисперсию, влияние донного трения, горизонтальный перенос массы воды и т. д.

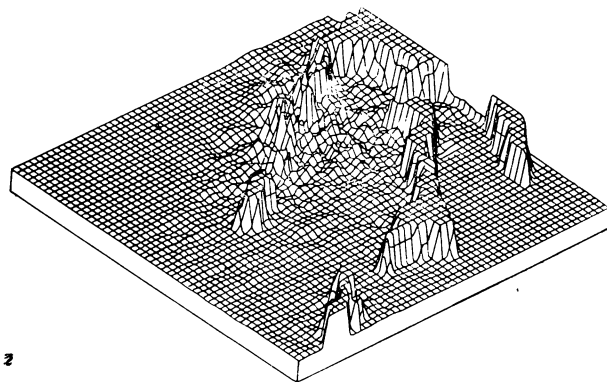
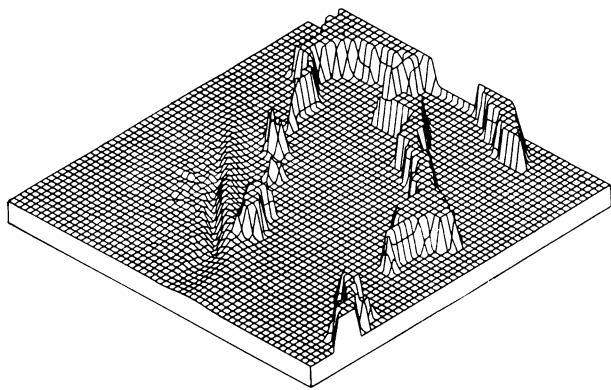
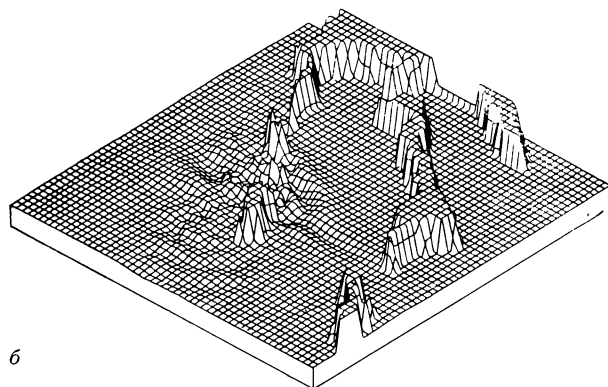
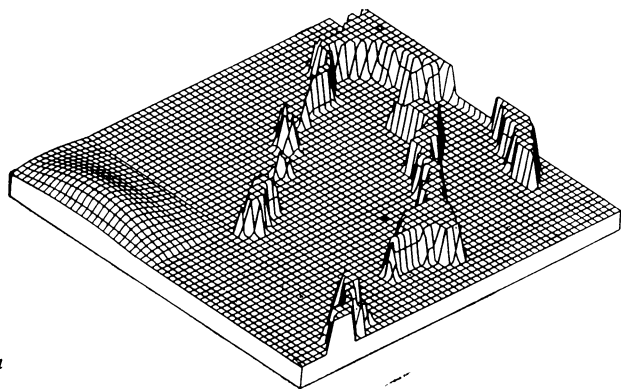
ЗАЩИТА ОТ ЦУНАМИ

На Тихоокеанском побережье СССР после катастрофических Камчатских цунами 1952 года зарегистрировано 40 цунами, из которых 10 (с высотой

воды более 2 м) были потенциально разрушительными. Хотя цунами происходят сравнительно редко, их губительные последствия заставляют принимать необходимые меры предосторожности.

Во многих странах, особенно в СССР, Японии и США, где побережья подвергаются воздействию цунами, проводятся мероприятия по защите от этого грозного природного явления. Составляются и непрерывно совершенствуются схемы районирования побережья по степени опасности (оно называется цунамирайонированием) с целью максимального ограничения строительства; возводятся защитные сооружения; создается служба предупреждения населения о приближении цунами (служба прогноза). Как осуществляется цунамирайонирование? На основе исторических данных и исследований сейсмического процесса в Тихом океане задаются теми или иными предположениями о возможных очагах цунами. Затем с учетом рельефа морского дна рассчитывают на ЭВМ форму и высоту возможных цунами при их подходе к данному побережью, а также выход цунами на упрощенный схематизированный берег. Результаты счета контролируются фактическими данными о цунами в тех пунктах, для которых данные имеются. Для остальных пунктов опасность цунами оценивается путем интерполяции и экстраполяции с учетом результатов гидравлического моделирования цунами и особенностей прибрежного рельефа. Сейчас практически закончена разработка математического аппарата для расчета распространения цунами в открытом океане и возбуждения волн подводным сейсмическим очагом. Быстро совершенствуются методы расчета такого сложного процесса, как выход цунами на берег. Но сейсмические процессы в Тихом океане и влияние прибрежного рельефа на деформацию волн остаются пока слабо изученными, поэтому до сих пор не существует ни одной официально утвержденной карты цунамирайонирования.

Инженерные защитные мероприятия против цунами широко проводят-



ся в Японии, особенно на северо-востоке острова Хонсю, где население живет в основном в устьях рек, переходящих в длинные извилистые бухты, и занимается преимущественно морским промыслом. Японцы строят вдоль берега **защитные дамбы**, перегораживают бухты **волломами** (одним, а то и двумя), высаживают вдоль берега **рощи деревьев**. Все это не может полностью защитить от цунами, но все же заметно снижает подъем воды и ударные воздействия волн.

ПРОГНОЗ ЦУНАМИ

В наименее благоприятных условиях, когда очаги цунами расположены близко к берегу (Камчатка, Курилы, Япония, Аляска, Алеутские острова), прогноз цунами дается только по сейсмическим данным о положении очага и магнитуде. Такой способ прогноза носит лишь статистический характер, а это нередко приводит к

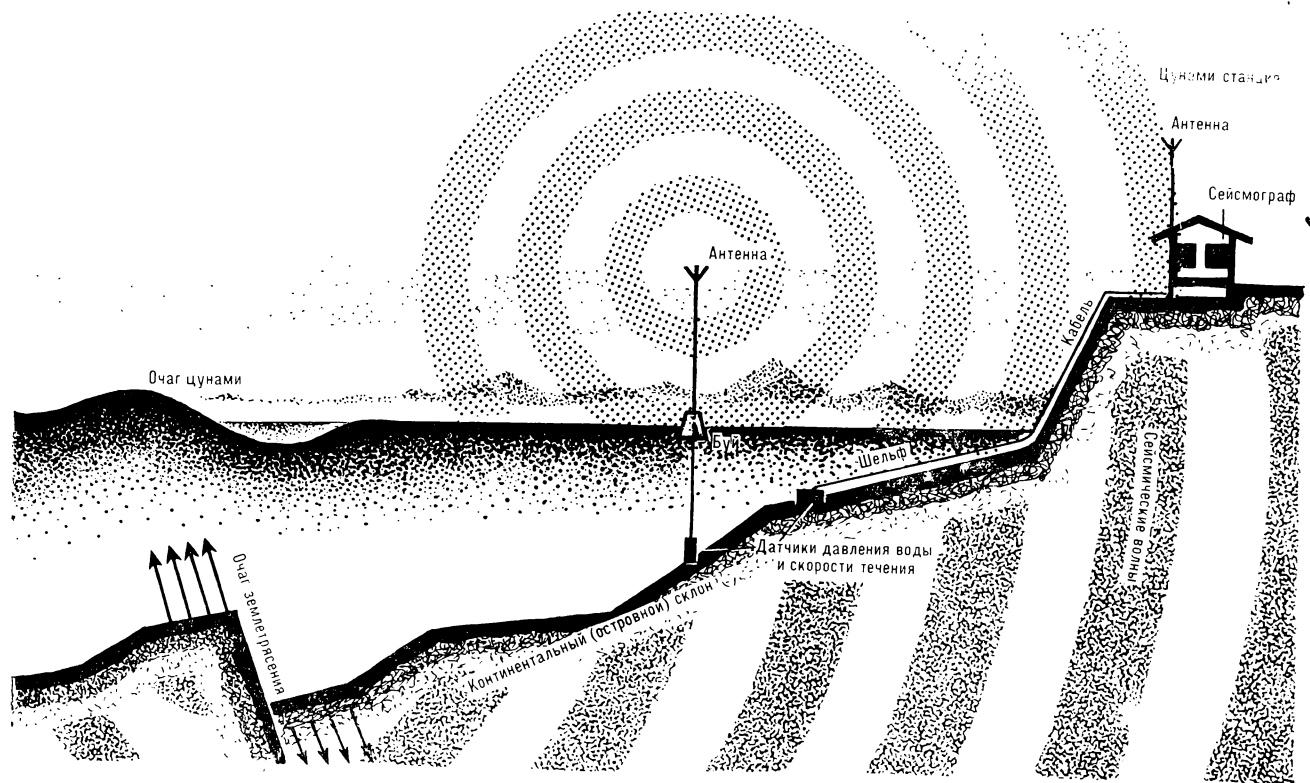
ложным тревогам, подрывающим доверие населения к службам предупреждения.

Выявлены некоторые опасные признаки цунами, их **предвестники**. Но одни из таких предвестников, например атмосферные гравитационные волны и волны Релея пониженной интенсивности, приходят слишком поздно, а прогностическая ценность других — гидроакустических волн и электромагнитных предвестников — пока до конца не ясна. Пятнадцать лет в СССР велся поиск феноменологиче-

ских признаков цунами на сейсмограммах, но лишь недавно он закончился осязаемым успехом. Такие признаки удалось зафиксировать с помощью сверхдлиннопериодных сейсмографов, недавно установленных в Южно-Сахалинске, Москве, Гарме, Гонолулу и других пунктах. Создается впечатление, что «цунамигенность» землетрясений связана с тем, что тектонический разлом в его очаге «вспарывается» не сразу, а постепенно, в несколько этапов. Хотя физическая сущность этого явления нуждается в объяснении, практическое внедрение такого способа предсказания в службу прогнозирования может повысить надежность сейсмического метода.

Полной надежности и эффективности прогноза нельзя достигнуть, не создав **системы регистрации цунами в открытом океане**, вблизи очагов цунами. Некоторый опыт дистанционной регистрации цунами уже имеется в СССР и США. Например,

■ *Пример расчетной модели цунами, набегающих на южную часть Курильских островов. Модель выполнена на ЭВМ в Вычислительном центре Сибирского отделения АН СССР. Показана форма начального возвышения поверхности океана в эпицентральной области через 100 секунд после землетрясения (а) и волновая картина через 16 минут (б), 42 минуты (в) и 2 часа 20 минут (г) после землетрясения*



осенью 1975 и 1978 годов Сахалинский комплексный институт, Сахалинское управление Гидрометеослужбы СССР и Гавайский геофизический институт (США) провели экспедиции в Тихом океане, к юго-востоку от острова Хоккайдо. Здесь с помощью автономных донных приборов на протяжении почти 40 суток регистрировались колебания уровня океана и придонные течения. В период экспериментов цунами не возникали, но на шельфе и в открытом океане были обнаружены особые волны в частотном диапазоне цунами. Экспедиции подтвердили принципиальную возможность регистрации цунами донными приборами.

Создание системы регистрации цунами в открытом океане — такова сейчас главная задача. Но есть, разумеется, и другие нерешенные вопросы. Это — и поиск надежных моделей смещений морского дна при сейсмических процессах в Тихом океане, и разработка геоморфологических и других критериев цунамирайонирования, и совершенствование числен-

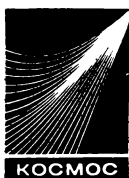
ных методов расчета цунами, особенно на сферической вращающейся Земле.

Важную роль в решении этих задач должно сыграть международное сотрудничество специалистов по цунами, которое за последние 20 лет было особенно плодотворным. Оно осуществляется через Комитет по цунами, входящий в состав Международного геодезического и геофизического союза, через специальную координационную группу по службам предупреждения о цунами в Тихом океане, через Международный информационный центр цунами в Гонолулу и, наконец, путем различных совместных работ. Примером последних служит сотрудничество специалистов СССР и США по проблеме цунами, развивающееся в рамках двустороннего межправительственного

соглашения об охране окружающей среды. Кроме совместных экспедиций по этому проекту совершенствуются программы расчета на ЭВМ возбуждения и распространения цунами. Сделано несколько совместных сейсмологических работ. Сотрудничество это укрепляется, а следующая более продолжительная совместная экспедиция планируется на 1981 год.

Благодаря международным связям и исследованиям значительно возросла надежность и эффективность работы службы предупреждения о цунами. Но все же не следует забывать, что о местных цунами, например, на Дальнем Востоке можно предупредить пока всего за несколько десятков минут, так как очаги подводных землетрясений располагаются здесь очень близко — в 100—150 км от Камчатки и Курильских островов. Чтобы существенно увеличить заблаговременность прогнозов, следует разрабатывать и методы прогноза времени сильных подводных землетрясений.

■ *Принципиальная схема работы системы оповещения о цунами*



Член-корреспондент АН СССР
В. Л. БАРСУКОВ

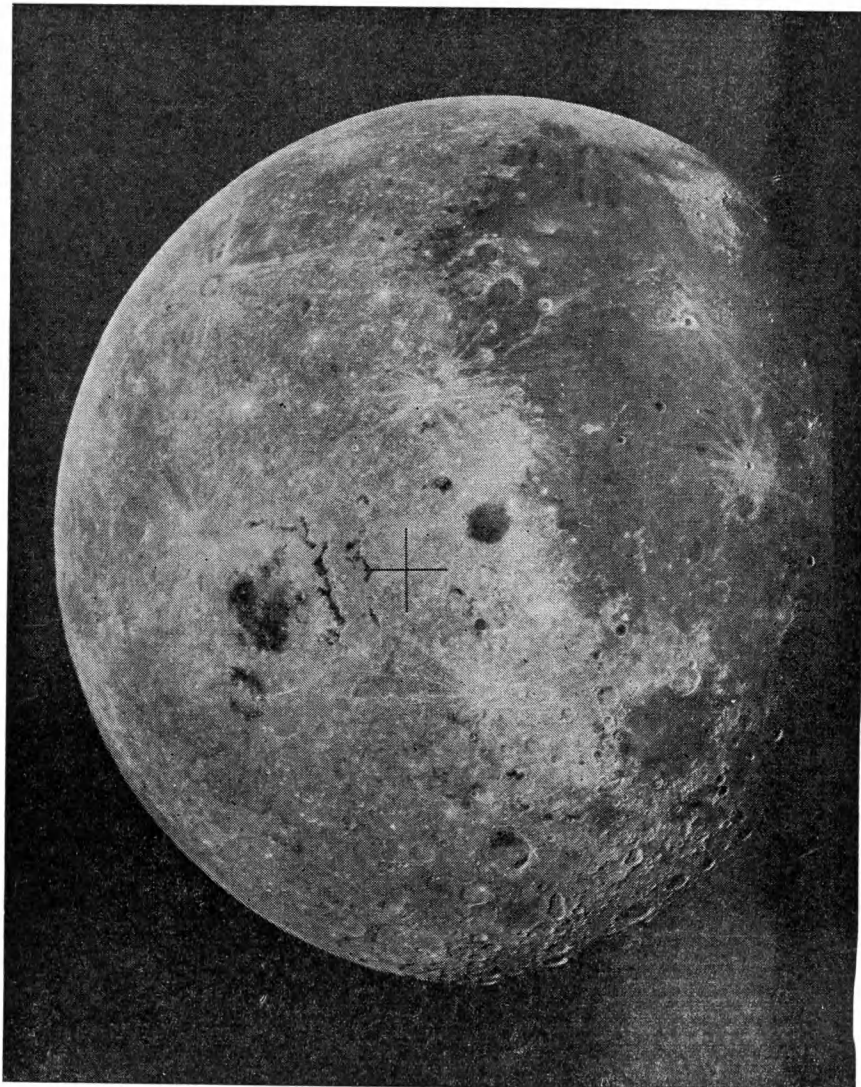
Луна — далекая и близкая

Прошло около десятилетия с тех пор как ученые впервые получили возможность непосредственно изучать лунные горные породы и минералы. Но за это время произошел гигантский скачок наших знаний о Луне. Что же нового за последние годы мы узнали!

АТМОСФЕРА ЛУНЫ

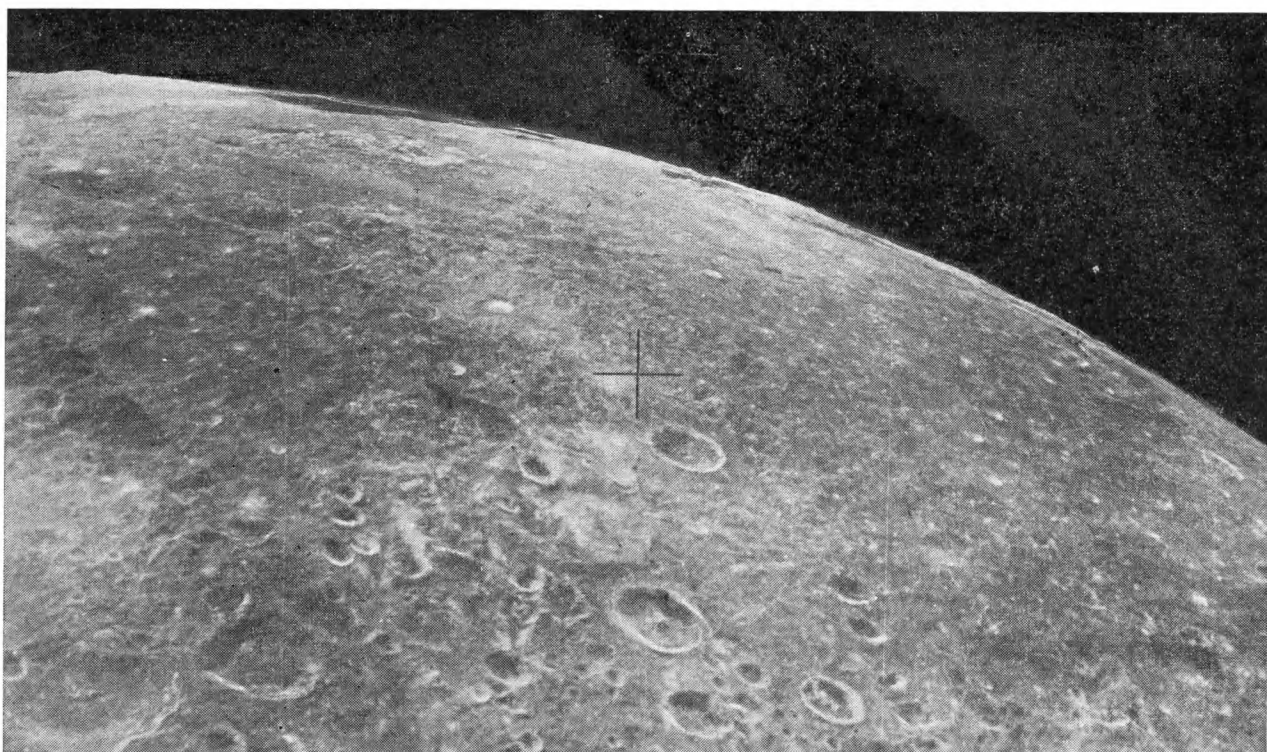
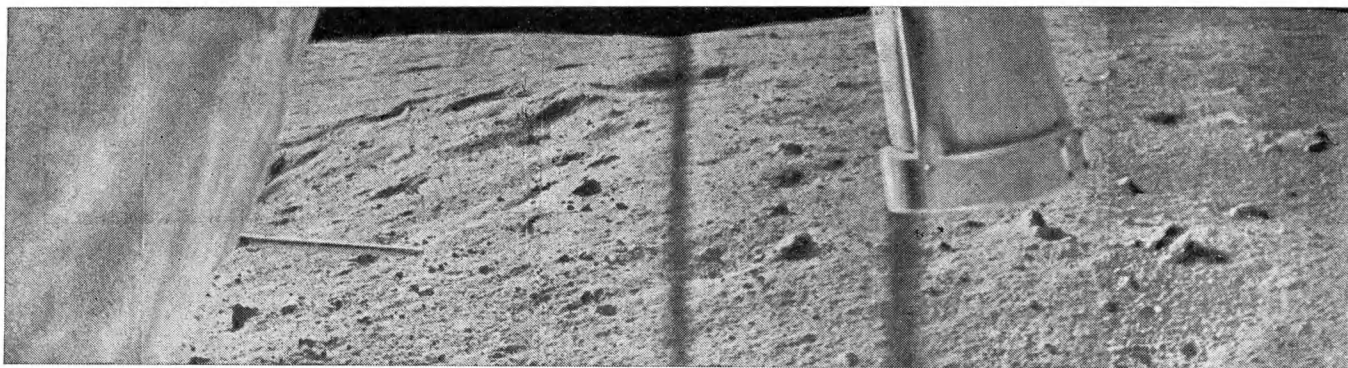
В 80 раз меньшая, чем у Земли, масса Луны и малая величина гравитационного поля объясняют практически полное отсутствие у нее атмосферы. Содержание газов у поверхности Луны не превышает в ночное время $2 \cdot 10^5$ частиц в кубическом сантиметре и увеличивается днем за счет дегазации грунта на два порядка. Из-за малой силы тяжести и высокой дневной температуры поверхности ($+130^\circ\text{C}$) атомы легких газов (водород, гелий) покидают Луну. 100-метровый слой атмосферы очень малой плотности (что равноценно глубокому вакууму) существует благодаря постоянному притоку газов с солнечным ветром, который приносит на ее поверхность около 40 г/с водорода (H_2), 8 г/с гелия (He^4), 0,2 г/с кислорода (O^{16}) и т. д. («Земля и Вселенная», 1975, № 3, с. 13—20.— Ред.).

Под действием солнечного ветра и ультрафиолетового солнечного излучения нейтральные атомы лунной атмосферы ионизируются, ускоряются в межпланетном и лунном поверхностном электрических полях и внедряются в поверхность Луны. Атмосфера Луны содержит около 1 кг водорода (H_2) и 1 т ксенона (Xe). Причина такого содержания ксенона — пока за-



Снимок Луны, сделанный станцией «Зонд-8». Справа — темные «морские» районы видимого полушария (Океан

Бурь, Море Дождей, Море Влажности, Море Облаков). Слева — светлые материковые области обратного полушария



гадка, как, кстати, и в земной атмосфере. Чтобы представить себе, насколько мизерны эти величины, достаточно сказать, что при маневрах, посадке и взлете космических кораблей «Аполлон» на поверхность Луны было сброшено более 100 т выхлопных газов.

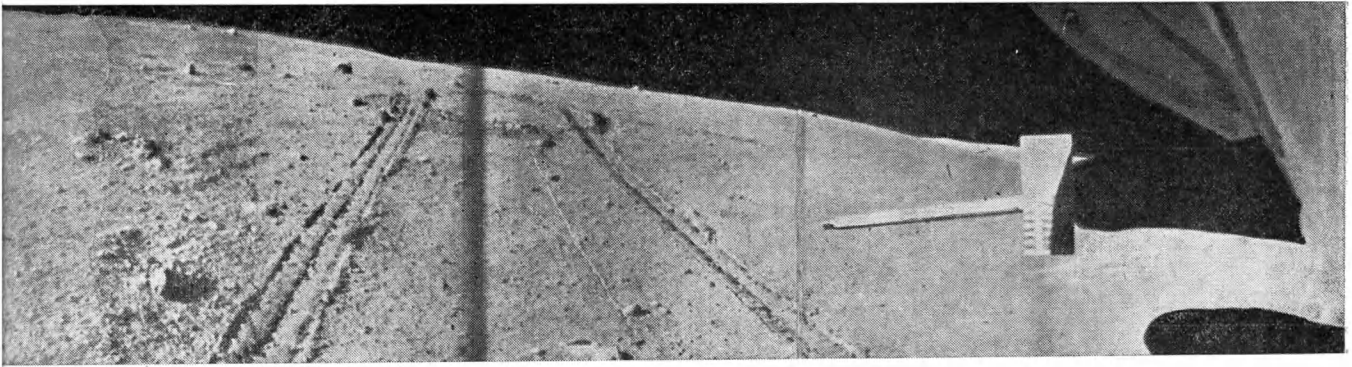
■
Материковая местность на обратной стороне Луны (к западу от Моря Восточного). Снимок сделан станцией «Зонд-8»

ПОВЕРХНОСТЬ ЛУНЫ

На Луне выделяются два основных типа геологических и геоморфологических образований — **материки** и **моря**. Материки — это светлые области с неровным рельефом, возвышающиеся на 1—2 км над прилегающими равнинами более темных лунных морей и занимающие около 85% поверхности. Поверхность материков испещрена **множеством крупных кратеров** — до десятков и сотен километров в

диаметре, которые, в свою очередь, покрыты кратерами мелкого размера. Наиболее хорошо сохранившиеся кратеры имеют все признаки ударно-взрывного происхождения, они образовались при бомбардировке лунной поверхности метеоритами.

Лунные моря представляют собой равнины, заполненные застывшей базальтовой лавой. Они сосредоточены главным образом на обращенной к Земле стороне Луны и не характерны для обратной ее стороны (всего



около 3% поверхности). Моря расположены в депрессиях материковой коры, происхождение которых проблематично, но по крайней мере часть из них связывается с падением на Луну крупных астероидальных тел. Поверхность лунных морей тоже покрыта метеоритными кратерами, но их здесь меньше и они более мелкие.

Практически вся поверхность Луны покрыта чехлом мелкообломочного материала — **реголита**. Это — смесь очень мелких обломков горных пород и породообразующих минералов, а также агглютинатов (остеклованных агрегатов частиц), возникающих при кратерообразующих процессах, стекла и грунтовых брекчий (сцементированных угловатых обломков пород). Доля метеоритного вещества в реголите не превышает 1% («Земля и Вселенная», 1973, № 4, с. 26—30.— Ред.).

По имеющимся данным, мощность реголитового слоя в районах морей колеблется от 4 до 8 м, а в материковых районах от 4 до 12 м. При периодической бомбардировке микрометеоритами частицы реголита перемещаются и перемешиваются. Оценки содержания в реголите химических элементов, полученные по орбитальным и лабораторным измерениям, приводят к заключению, что в точках отбора проб реголита около 50% вещества принесено с расстоя-

ния примерно 5 км и только 5% — с расстояния около 100 км. Столь ограниченный масштаб перемещения и перемешивания реголита делает его очень удобным объектом исследования.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЛУНЫ

Согласно сейсмическим данным, недра Луны, как и Земли, имеют **зонально-оболочечное строение**. При среднем радиусе Луны 1738 км толщина ее материковой коры на обращенной к Земле стороне около 48 км, а на обратной — 77 км. Мощность «морских» базальтов, перекрывающих материковую кору, в разных местах различна и, вероятно, колеблется от 1,2 км (район Тавр — Литтров) до 15—20 км (Море Ясности).

Под корой до глубины 300 км располагается **лунная верхняя мантия**, характеризующаяся, как и на Земле, скоростями распространения продольных упругих волн 8,1 км/с, что на Земле соответствует ультраосновным горным породам (дуниты, лерцолиты, гарцбургиты и т. д.). Слой от 300 до 900 км глубины представляет собой **среднюю мантию**, затем идет **нижняя мантия**. На глубине 900—1000 км скорость распространения поперечных волн заметно падает, что, вероятно, указывает на частичное плавление вещества в верхних областях нижней мантии Луны. Ядро Луны обнаруживается по сильному спадку скорости распространения продольных волн (до 4 км/с). Оно имеет около 350 км в диаметре и сложено либо железом, либо эвтектикой Fe—

FeS («Земля и Вселенная», 1973, № 5, с. 40—46.— Ред.).

Длительное изучение сейсмических явлений на Луне показало, что лунотрясения происходят не часто. Их число не превышает 600—3000 в год, а суммарная энергия 10^{13} эрг в год ничтожна по сравнению с энергией землетрясений, составляющей 10^{24} — 10^{25} эрг в год. У редких глубоководных лунотрясений фокус располагается на 600—900 км под поверхностью. Орбитальная регистрация взаимодействия Луны с потоком электрически заряженных частиц солнечного ветра, а также изучение ее магнитного поля позволили рассчитать изменение **электропроводности лунных недр** с глубиной. Сопоставляя эти данные с зависимостью электропроводности лунных пород от температуры и давления, удалось установить, что температура в недрах Луны сначала растет с глубиной очень быстро (от 0 °С на поверхности до 830 °С на 200-метровой глубине), а затем более медленно, достигая 1500 °С на глубине 1000 км.

Величина остаточной намагниченности лунных пород (она изменяется в пределах 10^{-3} — 10^{-7} Э·см³/г) указывает на то, что, возможно, 3—4 млрд. лет назад Луна имела магнитное поле напряженностью в несколько сотых эрстеда, которое впоследствии исчезло («Земля и Вселенная», 1975, № 5, с. 26—32.— Ред.). Но пока недостаточно данных для окончательного суждения о величине древнего магнитного поля Луны, его происхождении и причинах исчезновения.

■
Панорама лунной поверхности, снятая «Луноходом-2» (к югу от кратера Лемонье)

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЛУНЫ

Долгое время обсуждались три основные гипотезы образования Луны. Согласно первой, Луна некогда отделилась от Земли, причем даже указывалось место отрыва — бассейн Тихого океана («Земля и Вселенная», 1974, № 1, с. 79—80.— Ред.). Вторая гипотеза основывалась на том, что Луна образовалась самостоятельно и позднее была захвачена Землей. Формирование Луны в процессе конденсации ее из протопланетного облака составляло содержание третьей гипотезы. Согласно последней гипотезе, Луна образовалась одновременно с Землей (двойная планетная система Земля — Луна). Первые две гипотезы сейчас практически утратили свое значение, так как не подтверждаются фактическими данными. Третья же, наоборот, подкрепляется новыми наблюдениями.

Результаты геохимического исследования лунных образцов почти не оставляют сомнений, что Луна и Земля возникли одновременно около 4,6 млрд. лет назад и формировались в процессе аккумуляции твердых тел при низких или умеренных температурах.

Первый, или «материковый», этап истории Луны как самостоятельного тела проходил 4,6—3,8 млрд. лет назад. В это время благодаря интенсивной бомбардировке Луны планетезидами, их гравитационному сжатию (аккреции) и нагреву поверхности солнечным ветром еще «молодого» Солнца внешний 100—200-километровый слой Луны расплавился.* С течением времени в нем начали кристаллизоваться различные минералы. Относительно легкие (плагиоклаз) всплывали к поверхности, тяжелые (оливин, ильменит) опускались на глубину — произошла **дифференциация расплава**. Около 4,4 млрд. лет назад поверхность Луны стала твердой, но в результате

* Согласно другим представлениям, расплавлению подверглась вся Луна, поскольку иначе трудно объяснить формирование столь толстой коры («Земля и Вселенная», 1979, № 3, с. 2—6.— Ред.).

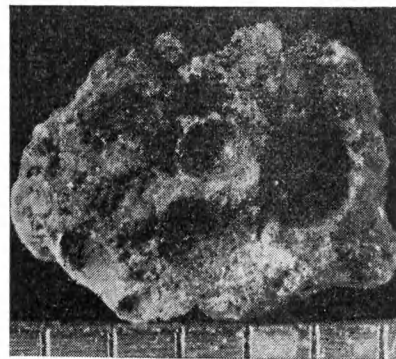
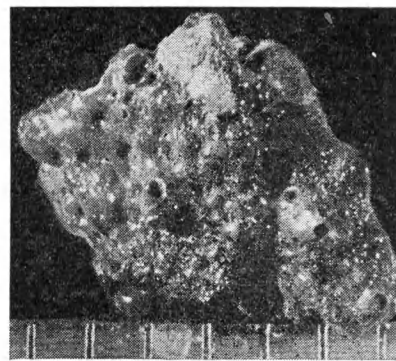
предшествующего разделения минералов в «кипящем» слое состав образовавшейся коры уже существенно отличался от исходного. Возникла «материковая» кора габбро-анортозитового состава, которая затем еще сотни миллионов лет подвергалась сильнейшей бомбардировке метеоритами разных размеров.

Около 4 млрд. лет назад интенсивность этой бомбардировки резко упала, и примерно в это же время на обращенной к Земле стороне Луны образовались **крупные депрессии поверхности**. 3,8—3,0 млрд. лет назад, когда в недрах Луны накопилось радиоактивное тепло, она прошла второй максимум прогревания, о чем свидетельствуют массовые излияния базальтов, затопившие депрессии поверхности и сформировавшие равнины лунных морей — **«морской» этап**.

Около 3,0 млрд. лет назад или несколько позднее наступил современный **«послеморской» этап эволюции Луны**, на котором глубинные магматические процессы уже заметным образом не проявлялись. Ведущими факторами преобразования ее поверхности стали относительно слабая метеоритная бомбардировка, солнечный ветер и космические лучи. Луна постепенно начинает покрываться рыхлым чехлом реголита. Под действием солнечного ветра в приповерхностных зонах образуется неокисляемое в земных условиях металллическое железо, титан и кремний, возникают космогенные изотопы химических элементов. Таковы основные этапы истории Луны.

ГЕОХИМИЯ ЛУННЫХ ПОРОД

Изучение лунного грунта, доставленного на Землю из разных районов Луны советскими автоматическими станциями «Луна-16, -20 и -24», а также американские исследования показали, что состав пород в морских и материковых районах Луны отличается коренным образом. Материковые районы слагаются **габбро-норит-анортозитовым комплексом пород, глиноземистыми** и так называемыми **крип-базальтами** с высоким со-



держанием щелочей, редкоземельных элементов и фосфора. Морские породы представлены **оливиновыми, глиноземистыми и титанистыми** (до 12% содержания TiO_2) **базальтами** с различным содержанием щелочей в каждой из этих групп («Земля и Вселенная», 1970, № 3, с. 3—11.— Ред.).

После математической обработки данных о химическом составе магматических лунных пород удалось выделить **шесть основных типов пород**, залегающих на поверхности Луны, определить в каждом типе пределы вариаций составов и наметить закономерности последовательного изменения их состава в процессе диффе-

■ *Оплавленная частица реголитовой breccии из образцов лунного грунта, доставленных на Землю «Луной-24» (одно деление соответствует 1 мм)*

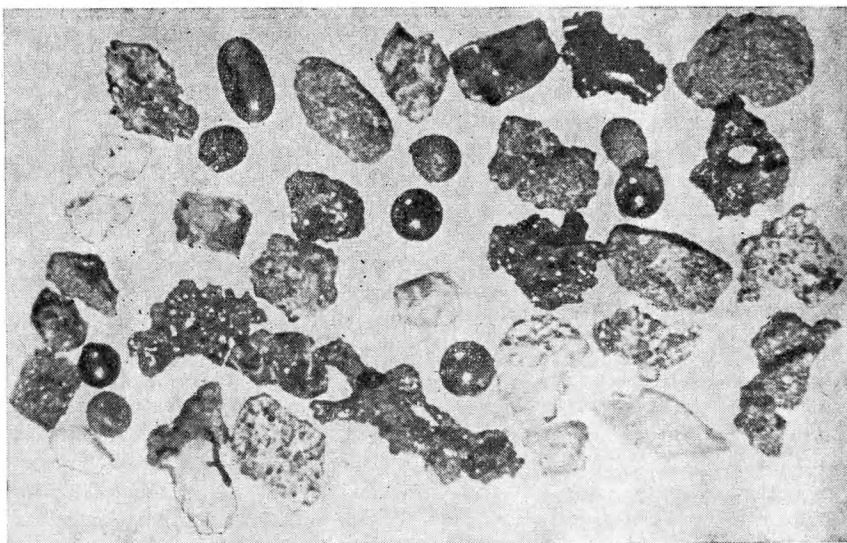
■ *Пористый тонкозернистый базальт из образцов лунного грунта, доставленных на Землю «Луной-24» (одно деление соответствует 1 мм)*

ренциации. Все это дало количественную основу для разработки петрологических моделей формирования лунной коры.

К настоящему времени описано более 50 минералов, содержащихся в лунных породах, и около 40 еще недостаточно охарактеризованных минеральных фаз, которые нуждаются в дополнительном изучении и более точной диагностике. Ведущее место в лунных породах как по числу минеральных видов, так и по распространенности принадлежит **силикатам и окислам**. В качестве аксессуарных (сопутствующих) минералов часто встречаются фосфаты, сульфиды и самородные элементы. Обнаружены также карбиды и фосфиды. (Заметим, что в земной коре известно более 2000 минералов.)

Столь ограниченное число минералов в лунных породах связано с тем, что на Луне практически нет воды, летучих компонентов и кислорода атмосферы, а это обуславливает безводный и восстановительный характер минералообразования. Известен только один лунный минерал — **акаганеит**, который содержит водород и трехвалентное железо.

Самые первые исследования лунного материала привели ученых к выводу об общей первичной обедненности Луны железом и летучими компонентами по сравнению с Землей. Однако последующие исследования, подтвердив первый из этих выводов, поставили под сомнение второй. В лунных породах уже обнаружены **карбонаты, сульфаты и хлориды**. Некоторые данные свидетельствуют о возможном проявлении на Луне фумарольной деятельности (выходы на поверхность струй горячего вулканического газа и пара). Характерной чертой лунных пород оказалось наличие в них огромного числа бывших газовых полостей, на стенках которых образовывались хорошо ограниченные кристаллы (возникновение их трудно себе представить без участия газовой фазы). Содержание летучих компонентов (F, Cl, S) в глубинных морских базальтах оказалось значительно выше, чем в породах материковой коры. Все это говорит о том, что обедненность лунных пород во-



дой и летучими компонентами может оказаться вторичной, связанной с различными условиями проявления магматизма (глубокий вакуум и диссипация газов на Луне и отсутствие таковых на Земле), а не с различием их первичного состава.

ЗАЧЕМ ИЗУЧАЮТ ЛУННЫЕ ПОРОДЫ?

Накопленные к настоящему времени материалы сравнительно-планетологических исследований говорят о том, что ранние стадии развития всех планетных тел земного типа были принципиально близки. Другими словами, раннюю историю Луны и планетных тел с незавершенным характером эволюции можно использовать в качестве аналога для построения модели ранней эволюции Земли. Ведь изучаемый геологами период развития Земли — фанерозой (от кембрия до наших дней) охватывает всего 1,6 из 4,6 млрд. лет жизни Земли. Весь же предшествующий докембрийский период известен несравненно хуже. Так как неоднократно наложение последующих процессов магматизма, метаморфизма и метасо-

матоза (замещение одной минеральной ассоциации другой ассоциацией с изменением состава) на сформированные в это время породы настолько затушевало их первичную природу, что ее выявление порой становится просто невозможным.

Интерес к этому самому далекому периоду жизни нашей планеты вполне понятен, ибо именно он предопределил различия в геологической истории разных участков земной коры, в проявлении на ней магматизма и металлогении. Нельзя забывать, что образование более 70% всех полезных ископаемых на Земле связано с докембрийским периодом ее жизни.

Луна имеет тот же возраст, что и Земля, но ее развитие завершилось около 3 млрд. лет назад, и на Луне мы имеем дело как бы с «законсервированной» 1,5—2 млрд. лет назад ранней историей планетного тела, фактически не затушеванной наложением последующих процессов. Мы уже сейчас видим аналогии в составе лунных и земных габбро-анортозитовых комплексов, слагающих первичную кору. Есть также аналогии в составе лунных высокотитанистых базальтов и высокотитанистых земных докембрийских феррогаббро и ферробазальтов. Мы уже сейчас знаем, что базальтоиды архея (древнего докембрия) отличаются от базальтоидов всего последующего фанерозоя низ-

■ *Различные типы лунного грунта (базальты, шлаки, брекчи, стеклянные шарики, обломки породообразующих минералов), доставленные на Землю «Лунной-16»*

кой степенью окисления железа и преобладанием MgO над суммой окислов железа, то есть как раз теми особенностями состава, которые характерны для лунных базальтоидов. А ведь именно эти особенности обуславливают широкое развитие на Луне ликвационного отделения (возникновение двух несмешивающихся расплавов) гранитоидных расплавов от базальтов и указывают на совершенно иной механизм их формирования в ранние стадии образования коры, чем изучаемый нами в фанерозое на Земле. Сейчас мы находимся лишь в самом начале этого интереснейшего и, пожалуй, самого продуктивного пути познания ранних этапов эволюции нашей планеты.

Выявление определенной этапности в истории формирования лунной коры и ее общность с планетами земного типа невольно поставило перед нами ряд новых вопросов, относящихся к ранним этапам жизни Земли и истории формирования земной коры. Возьмем хотя бы проблему энергетики геологических процессов. Нас теперь не может не волновать вопрос о причинах разной продолжительности активной геологической жизни планетных тел Солнечной системы. Почему она прекратилась на Луне 3 млрд. лет назад, а на Земле продолжается до сих пор? Почему и когда она прекратилась на Марсе и Меркурии? Продолжается ли она на Венере?

Сейчас становится все ясней, что тепло, выделившееся при радиоактивном распаде элементов в недрах планетных тел («Земля и Вселенная», 1975, № 1, с. 22—28.—Ред.), отнюдь не единственный источник внутренней энергии планет, что, вероятно, на них действуют источники энергии разной природы, последовательно сменяющие друг друга. Луна нам определенно указывает на то, что первым источником энергии глубинных, магматических процессов на планетах земного типа была энергия аккреции, хотя масштабность проявления этого источника на разных планетах могла быть различной. На смену ему пришла энергия радиоактивного распада. Но выделение ее на планетных телах земного типа, пройдя через макси-

мум, сократилось к настоящему времени в 5 раз, что должно приводить к затуханию активной геологической жизни, как это, вероятно, и было на Луне или Меркурии. Но тогда почему же на Земле до сих пор продолжают активные геологические процессы? Видимо, объяснить это можно лишь тем, что на Земле на смену радиоактивному источнику тепла пришел какой-то новый источник энергии, который не возник на Луне и Меркурии.

Теоретические расчеты советских ученых — члена-корреспондента АН СССР Н. И. Хитарова и О. Л. Кускова — показывают, что на планетах земного типа кроме энергии радиоактивного распада может существовать энергия химических реакций на границе ядра и мантии (восстановление кремния и растворение его в железоникелевом ядре). Необходимые для этого температура и давление в недрах свойственны только Земле и Венере и не могут быть достигнуты на Луне и Меркурии. Марс занимает промежуточное положение.

Использование Луны как модели для изучения ранних этапов жизни Земли вновь поставило вопрос о возможном габбро-анортозитовом характере первичной земной коры в докембрийских ядрах континентов, о роли процессов ее образования в формировании первичной гидросферы и атмосферы, о горизонтальной и вертикальной неоднородности состава верхней мантии Земли под участками коры с различной историей.

Любая информация о внеземных объектах для нас — геологов и геохимиков — имеет не только научное значение, но и служит действенным средством для расшифровки тех страниц истории Земли, которые мы по тем или иным причинам не можем прочесть, пользуясь только земным материалом.

Нельзя не согласиться со словами американского астронавта Г. Г. Шмита — первого геолога, проводившего исследования на лунной поверхности: «Луна представляет собой испещренное кратерами и запыленное окно в изучение проблем происхождения и эволюции Земли».



ОЗОН В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

Теперь, когда антропогенное влияние на природную среду сильно возросло, озон стали рассматривать как один из важных микрокомпонентов нижней атмосферы («Земля и Вселенная», 1979, № 2, с. 32—35.—Ред.). Озон — токсичное вещество, отрицательно действующее на живые организмы, поэтому измерение его концентрации в приземном слое воздуха включено в программу фоновых станций Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС). В приземный слой озон может поступать сверху из стратосферы, но может образовываться и при фотохимических реакциях во время переноса загрязненных воздушных масс на большие расстояния.

Сотрудники Института прикладной геофизики Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды Ф. Я. Ровинский, В. А. Попов, Л. Н. Черных, В. И. Егоров, Ю. Н. Першин проанализировали наблюдения озона, проведенные в 1976—1978 годах в районах Березинского и Кавказского заповедников, то есть в местах, далеких от источников загрязнения. Критерием фотохимической активности атмосферы служили отношения максимальной и минимальной часовых концентраций озона (коэффициент фотохимической активности атмосферы). Низкие значения этого отношения указывают на отсутствие или незначительное влияние химических реакций, приводящих к загрязнению атмосферы. Самые низкие значения коэффициента фотохимической активности характерны для мыса Пидунда (1,6) и Березинского биосферного заповедника (2,4). В районе Воронежа, даже в 40 км от города, коэффициент достигает уже 72.

Суммируя результаты фоновых измерений озона на Европейской территории СССР, авторы отмечают, что максимальные концентрации озона во всех районах наблюдений могут изменяться от 50 до 125 мкг/м³. «Доклады АН СССР», 1979, 249, 6.



Доктор физико-математических наук
Д. А. ВАРШАЛОВИЧ
С. А. ЛЕВШАКОВ

Квazarы и молекулярные облака

КАК БЫЛИ ОТКРЫТЫ КВАЗАРЫ

Самые далекие объекты, которые человек когда-либо видел,— это квазары. Они были открыты в результате совместной работы радиоастрономов и астрономов, ведущих оптические наблюдения на крупнейших телескопах.

Выполняя обзор неба, радиоастрономы обнаружили к 1959 году несколько сот источников радиоизлучения, причем самые яркие из них имели «точечные» размеры (менее угловой секунды). Поэтому их первоначально назвали «радиозвездами» («Земля и Вселенная», 1968, № 3, с. 32—38.—Ред.). В 1960 году удалось достаточно точно измерить координаты одной из таких «радиозвезд» — 3С 48 (объект под номером 48 в 3-м Кембриджском каталоге радиоисточников) и отождествить ее со слабой голубой звездой 16-й величины. Американские астрономы Т. Мэттьюс и А. Сэндидж, работая на самом крупном в то время 5-метровом телескопе, получили спектр 3С 48. Этот спектр поверг всех в изумление — он не был похож ни на спектры звезд, ни на спектры туманностей и галактик. Линии в спектре 3С 48 не удалось отождествить ни с одной из известных спектральных линий.

Около трех лет спектры оставались нерасшифрованными. Решение пришло неожиданно. В 1963 году австралийские радиоастрономы измерили координаты радиоисточника 3С 273, состоящего из двух близких компонентов. 3С 273 был отождествлен с довольно яркой голубой звездой 13-й величины, спектр которой также со-

Исследуя спектры квазаров, авторы статьи обнаружили на огромных расстояниях облака, состоящие преимущественно из молекулярного водорода с примесью окиси углерода. Эти облака похожи на межзвездные молекулярные облака Галактики.

держал неизвестные линии излучения. Голландский астроном М. Шмидт предположил, что длины волн λ линий излучения 3С 273 смещены в красную область спектра на 16%, то есть относительная величина смещения $z = \frac{\lambda^r - \lambda_0}{\lambda_0} = 0,16$, где λ_0 — лабораторная длина волны. Такое красное смещение линий могло быть обусловлено тем, что источник излучения удаляется от нас со скоростью, составляющей около 16% от скорости света. Эта идея дала ключ к расшифровке спектров квазаров. Сразу же Дж. Гринштейн и Т. Мэттьюс отождествили линии излучения в спектре 3С 48 с линиями известных элементов, также смещенными в красную область спектра. Но величина сдвига оказалась еще большей, почти 37%. Поскольку эти удивительные источники радиоизлучения выглядели на снимках, как звезды, их назвали квазизвездными объектами, или квазарами.

К настоящему времени исследованы спектры свыше 800 квазаров. У многих из них величина красного смещения больше 100%. Известны шесть квазаров с параметром $z > 3$. В их спектрах длины волн линий смещены более чем на 300% и, соответственно, значения длин волн увеличены более чем в 4 раза, $\lambda = \lambda_0(1+z)$.

ПРИРОДА КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ

Для объяснения большого красного смещения в спектрах квазаров выдвигалось несколько гипотез. Общепринятой можно считать «космологическую» гипотезу, согласно которой большое красное смещение линий обусловлено эффектом Доплера: квазары удаляются от нас со скоростями, близкими к скорости света. И происходит это вследствие космологического расширения нашей Вселенной.

Скорость удаления квазара v можно вычислить по формуле:

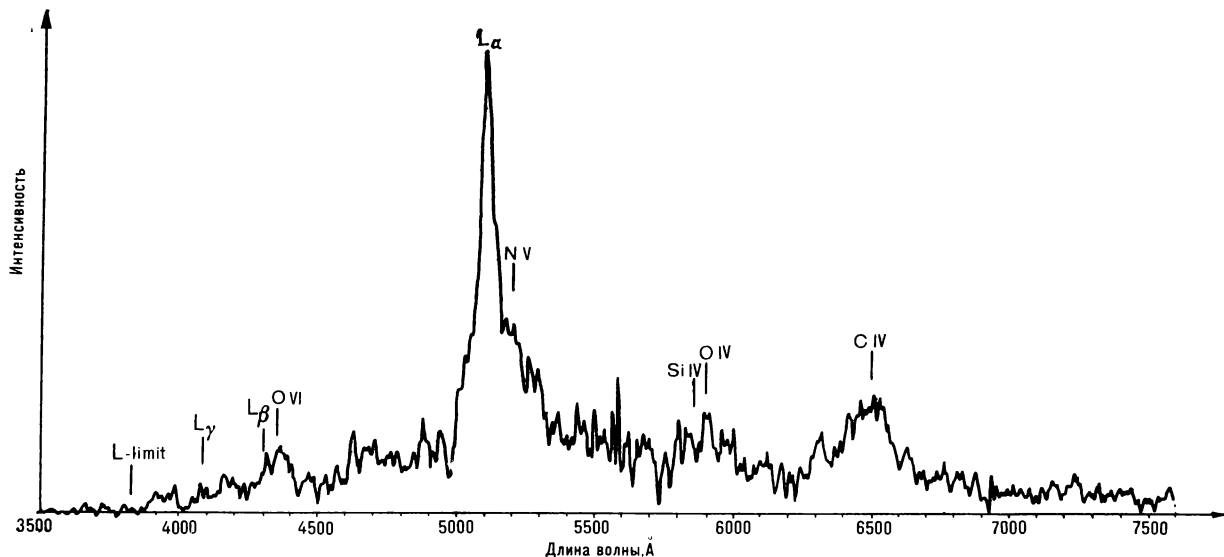
$$v = c \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1},$$

где c — скорость света, z — параметр, характеризующий величину красного смещения. При малых смещениях, когда $z \ll 1$, скорость $v \approx cz$.

Согласно закону Хаббла, определяющему общее расширение Вселенной, расстояние до квазара пропорционально его скорости: $r = \frac{v}{H_0}$, где H_0 — постоянная Хаббла. Скорости квазаров соответствуют огромным расстояниям, вплоть до 20 млрд. световых лет. Обычные галактики на таких расстояниях не видны, а квазары наблюдаются лишь потому, что мощность их излучения (светимость) почти в 1000 раз превосходит светимость нормальных галактик в оптическом диапазоне, а в радиодиапазоне — более чем в миллион раз. Квазары — самые мощные из известных источников энергии во Вселенной.

СПЕКТРЫ КВАЗАРОВ

Рассмотрим спектр излучения квазара PKS 1402+044 (объект с коор-



динатами: прямое восхождение $14^h 2^m$ и склонение $+44^\circ$ из Паркского каталога радиосточников), характеризуемого красным смещением $z=3,2$. При таком значении параметра z весь спектр излучения смещен в область длинных волн в 4,2 раза. Поэтому самая интенсивная линия излучения спектра — линия атомарного водорода L_α с длиной волны 1216 Å, принадлежащая далекой ультрафиолетовой области спектра, попадает в видимый диапазон и имеет длину волны 5107 Å.

На фоне непрерывного спектра квазара видно еще несколько **эмиссионных линий** — пиков излучения. Прежде всего, — это другие линии атомарного водорода из той же серии Лаймана (L_β , L_γ), а также широкие эмиссионные линии ионов кислорода (O IV и O VI), азота (N V), кремния (Si IV) и углерода (C IV). Все линии излучения соответствуют одному и тому же значению параметра $z_{изл.} = 3,20$. Наличие в спектре линий сильно ионизованных атомов свидетельствует о том, что в излучающей области квазара температура высокая, около 10 000 K, а плотность низкая, 10^{-20} г/см³.

Наряду с эмиссионными линиями в спектрах многих квазаров при высоком разрешении видны узкие **линии поглощения** — провалы в спектре из-

лучения. Число таких линий иногда достигает 100—200.

Линии поглощения невозможно расшифровать, если считать, что соответствующая им величина красного смещения $z_{полг.}$ такая же, как и у линий излучения квазара $z_{изл.}$. В ряде случаев можно указать одно или несколько разных значений параметра $z_{полг.}$, при котором часть линий поглощения все-таки удалось отождествить с известными спектральными линиями атомов или ионов. Например, в спектре квазара 4C 05.34 с $z_{изл.} = 2,877$ имеется система линий поглощения с $z_{полг.} = 2,809$, содержащая линии водорода L_α , L_β , а также линии ионов углерода C II и C IV, азота N II, кремния Si II и Si IV, железа Fe II и др. Интерпретация линий поглощения вызывает ожесточенные споры. Большая часть этих линий до сих пор остается неотожествленной.



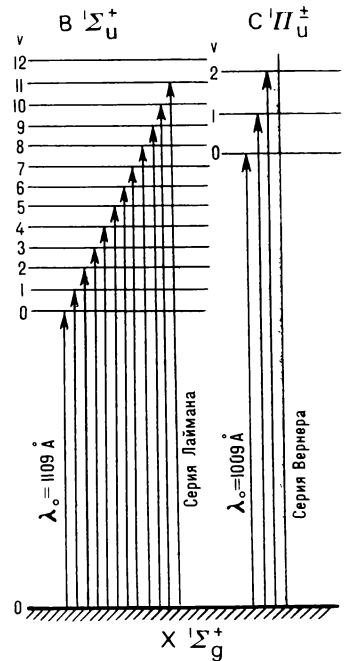
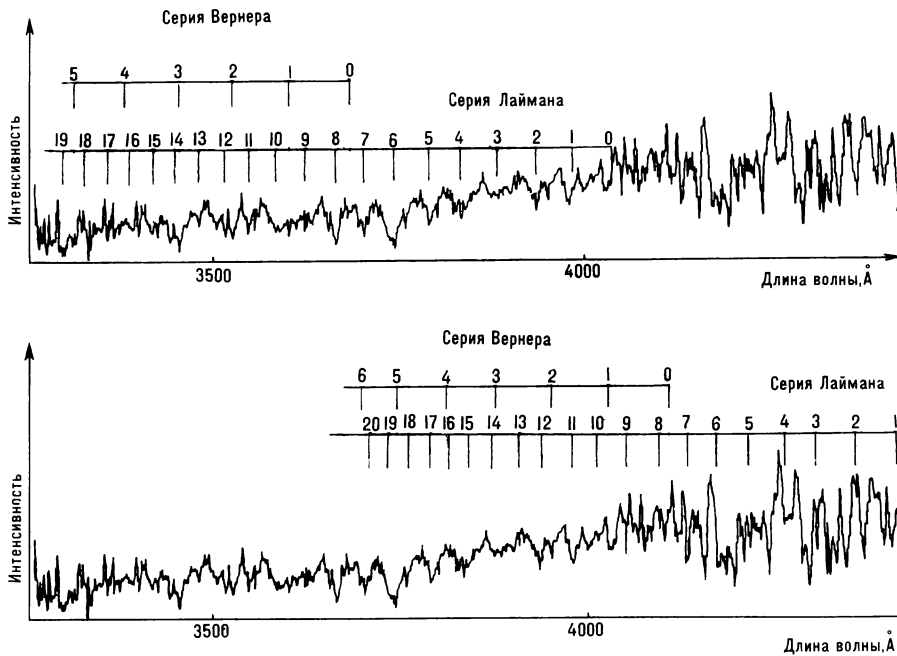
Спектр квазара PKS 1402+044, полученный на 4-метровом телескопе Англо-австралийской обсерватории. Линии излучения, обычно наблюдаемые в далекой ультрафиолетовой области, в спектре этого квазара из-за большого красного смещения находятся в видимом диапазоне

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВОДОРОД... В СПЕКТРЕ КВАЗАРОВ

При отождествлении линий в спектрах квазаров, как правило, принимали во внимание линии атомов и ионов, а молекулярные линии обычно не учитывались. Существование молекул в областях, содержащих сильно ионизованные атомы, казалось всем маловероятным.

С целью поиска молекулярных линий мы проанализировали оптические спектры квазаров OQ 172 с $z_{изл.} = 3,53$ (объект из списка радиосточников, впервые наблюдавшихся на радиотелескопе университета Огайо) и PHL 957 с $z_{изл.} = 2,69$ (объект под номером 957 из Паломарского каталога объектов Арно—Лейтена). Квазар OQ 172 — самый далекий от нас из всех известных в настоящее время астрофизических объектов. Уже одно это делает изучение его спектра необычайно интересным.

Квазар OQ 172 находится в созвездии Волопаса и виден на фотографиях, как слабая звезда 18-й величины. Его спектр в диапазоне 3300—6300 Å был получен на 3-метровом телескопе Ликской обсерватории (США). Американские астрономы нашли в этом спектре 175 линий поглощения и более 40 из них смогли отождествить с различными линиями



атомов и ионов, относящимся к четырём системам поглощения с параметром $z_{\text{погл.}} = 2,564; 2,69; 3,066$ и $3,09$.

Специальная программа, разработанная для ЭВМ, помогла выбрать из всех возможных значений $z_{\text{погл.}}$ такие, при которых длины волн линий в спектре OQ 172 совпадали с теоретическими величинами длин волн молекулярных линий, причем интенсивности этих линий соответствовали теоретическим. Для оценки надежности отождествления линий вычислялась вероятность их случайного совпадения. В результате такого анализа в спектре квазара OQ 172 были обнаружены две системы линий поглощения молекулярного водорода H_2 ; первая соответствует красному смещению $z_{\text{погл.}} = 2,651$, вторая — $3,092$. С таким большим красным смещением линии молекулярного водорода, да и вообще молекулярные линии никогда ранее не наблюдались.

Спектр квазара OQ 172, полученный астрономами Ликской обсерватории (США). Указаны системы линий поглощения молекулярного водорода, соответствующие переходам серии Лаймана и серии Вернера с красным смещением $2,651$ (вверху) и $3,092$ (внизу). Номера соответствуют колебательному квантовому числу верхнего уровня

В спектре квазара OQ 172 видны линии поглощения H_2 , соответствующие переходам серии Лаймана (лабораторные длины волн $1109, 1093, 1078, 1063, 1050 \text{ \AA}$ и т. д.) и серии Вернера (лабораторные длины волн $1009, 986, 965, 946, 930 \text{ \AA}$ и т. д.). Эти серии появляются, когда молекула водорода переходит из основного, самого нижнего электронного состояния (спектроскопическое обозначение $X \text{ } ^1\Sigma_g^+$) в возбужденные электронные состояния, обозначаемые $B \text{ } ^1\Sigma_u^+$ и $C \text{ } ^1\Pi_u^\pm$. Энергия таких переходов равна $11\text{--}12 \text{ эВ}$.

Для обеих систем поглощения удалось отождествить по $10\text{--}15$ линий H_2 , причем точность отождествления достаточно высокая, около $0,5 \text{ \AA}$. Факт обнаружения линий молекулярного водорода в спектре квазара OQ 172 представляется надежным и статистически обоснованным.

ГДЕ РАСПОЛОЖЕНЫ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОБЛАКА?

Линии поглощения в спектре возникают потому, что на луче зрения между наблюдателем и горячим источником излучения находится более холодное разреженное вещество. Что же это за вещество, содержащее молекулы водорода, и где оно расположено?

Известный американский астроном Дж. Бербидж считает, что линии поглощения образуются в основном вблизи квазаров, в их движущихся оболочках. При этом различие $z_{\text{погл.}}$ и $z_{\text{изл.}}$ определяется скоростью движения оболочек ($v_{\text{об.}}$):

$$z_{\text{изл.}} - z_{\text{погл.}} \approx \frac{v_{\text{об.}}}{c} (1 + z).$$

Но поглощающая область может представлять собой облако, не связанное с квазаром, а случайно попавшее на луч зрения Земля — квазар. Тогда в спектре квазара должны появиться дополнительные линии поглощения, не имеющие отношения к самому квазару. Величина красного смещения линий поглощения $z_{\text{погл.}}$ будет определяться (в соответствии с законом Хаббла) расстоянием от нас до облака, поглощающего свет. Поскольку это расстояние меньше, чем расстояние до квазара, то и $z_{\text{погл.}}$

Схема энергетических уровней молекулы водорода. Изображены только колебательные уровни (v — колебательное квантовое число). Стрелками показаны переходы, отвечающие линиям поглощения, которые были найдены в спектре квазара OQ 172 при $z_{\text{погл.}} = 2,651$ и $3,092$

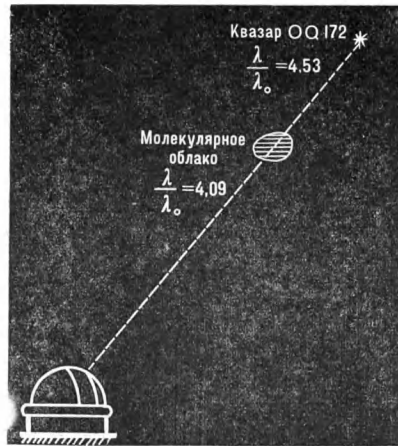
естественно, должно быть меньше $z_{\text{изл.}}$ и может сильно отличаться от него.

Есть и другие, более веские аргументы в пользу того, что поглощающие облака удалены от квазара — мощного источника ионизирующего излучения. Дело в том, что при детальном анализе спектра поглощения квазара ОQ 172 нам удалось найти при тех же значениях $z_{\text{погл.}}$ (2,651 и 3,092) кроме молекулярных линий водорода большое количество (около 40) линий поглощения атомов и ионов. Среди них нет линий двух-, трех-, четырехзарядных ионов. Часть атомов, имеющих низкую энергию ионизации (меньше 13,6 эВ), однократно ионизована (С II, Si II, S II, Ca II, Fe II), а часть осталась нейтральной (С I, S I и т. д.), тогда как атомы с большой энергией ионизации (выше 13,6 эВ) оказались полностью нейтральными — Н I, О I, N I. Следовательно, поток ионизирующего ультрафиолетового излучения (длина волны короче 912 Å) в области, где образуются линии поглощения, очень мал. Поглощающие области должны находиться далеко от квазара. Вероятнее всего, облака, содержащие молекулярный водород, случайно попали на луч зрения Земли — квазар. Таким образом, была использована уникальная возможность исследовать далекие невидимые области, «просвечивая» их необычайно мощным излучением квазара.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОБЛАКОВ

Водород — самый распространенный химический элемент во Вселенной. В молекулярных облаках Галактики молекул водорода примерно в 10 000 раз больше, чем всех других молекул. Однако молекулы водорода долго не удавалось обнаружить, так как они не имеют удобных для наблюдений резонансных линий ни в видимом оптическом, ни в радиодиапазоне. Только в 1970—1973 годах с борта спутников и ракет впервые удалось зарегистрировать линии молекулярного водорода в далекой ультрафиолетовой области спектра.

Иная ситуация в случае квазаров. Благодаря большому красному сме-



щению линии серии Лаймана и серии Вернера в спектре квазаров смещены из далекой ультрафиолетовой области в видимый участок спектра, удобный для наземных наблюдений.

Суммарное число поглощающих молекул, оказавшихся на луче зрения Земли — квазар ОQ 172 в столбе сечением 1 см², при $z_{\text{погл.}}=2,651$ и 3,092 примерно одинаковое, порядка 10¹⁹—10²⁰, и близко тому, что наблюдается в диффузных межзвездных облаках Галактики. Степень молекуляризации, то есть доля атомов водорода, входящих в молекулы, в области с $z_{\text{погл.}}=3,092$ около 50%, а в области с $z_{\text{погл.}}=2,651$ больше 80%. Оба облака состоят преимущественно из молекул.

Основные характеристики молекулярных областей поглощения — суммарное количество вещества на луче зрения и его химический состав, степень ионизации и возбуждения — близки к характеристикам межзвездных газово-пылевых облаков Галактики. Возможно, что молекулярные области поглощения, оказавшиеся на луче зрения Земли — квазар, также входят в состав каких-то далеких, невидимых галактик, подобных нашей. Однако это только гипотеза. С опре-

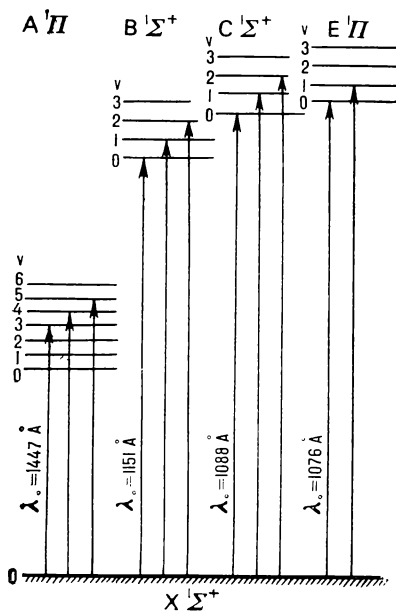
деленностью можно сказать лишь, что это — космологически удаленные молекулярные облака с большим красным смещением. В принципе не исключено, что они существуют сами по себе и не связаны с галактиками. Но даже если принять, что молекулярные облака входят в состав галактик, то совершенно не ясно, почему они обладают свойствами современных нам молекулярных облаков Галактики. Ведь возраст мира в ту эпоху, когда регистрируемое сейчас излучение квазара взаимодействовало с облаком ($z_{\text{погл.}}=3,092$), составлял лишь 12% от современного возраста, отсчитываемого от начала общего космологического расширения. Строго говоря, возраст мира и время распространения излучения от облака до нас зависят от параметров космологической модели и, прежде всего, от средней плотности вещества во Вселенной. Указанный выше возраст соответствует стандартной модели Вселенной и средней плотности 10⁻²⁹ г/см³.

Свет от молекулярного облака, расположенного на луче зрения Земли — квазар ОQ 172, шел до нас около 20 млрд. лет. Мы видим облако таким, каким оно было в ту далекую, космологически раннюю эпоху, когда фоновое реликтовое излучение, заполняющее все пространство («Земля и Вселенная», 1979, № 6, с. 45—49.— Ред.), имело температуру не 3 К, как сейчас, а достигало 12 К и плотность энергии излучения была выше, чем сейчас, в 280 раз и составляла 70 эВ на 1 см³ вместо современных 0,25. Средняя плотность вещества во Вселенной в ту эпоху была выше, чем сегодня, почти в 70 раз. Изучая квазары, мы исследуем ранние этапы эволюции Вселенной, когда наша Солнечная система еще не существовала.

ЛИНИИ СО В СПЕКТРЕ КВАЗАРОВ

Еще более интересный вывод дал анализ спектра квазара PHL 957. Спектр получили в 1976 году астрономы Стюардской обсерватории (США). Этот квазар виден в созвездии Рыб, как звезда 16-й величины. Красное смещение эмиссионных ли-

Молекулярное облако, расположенное между наблюдателем и квазаром, может быть обнаружено по линиям поглощения в спектре излучения квазара



ний в его спектре характеризуется параметром $z_{\text{изл.}} = 2,69$.

Детальный анализ спектра квазара PHL 957 помог нам обнаружить систему линий поглощения с красным смещением $z_{\text{погл.}} = 2,181$, соответствующую холодному молекулярному облаку. Это облако содержит не только молекулярный водород, но и окись углерода CO. В спектрах квазаров линии окиси углерода найдены впервые.

В молекулярном облаке одна молекула CO приходится на 10 000—20 000 молекул H_2 . Примерно таково же и современное отношение H_2 к CO в молекулярных облаках Галактики. Это удивительно и непонятно. Обилие углерода и кислорода в процессе эволюции галактик должно постепенно нарастать. И углерод и кислород, согласно общепринятой гипотезе о происхождении химических элементов, образуются в звездах в результате термоядерных реакций.

Схема энергетических уровней молекулы CO. Изображены только колебательные уровни (v — колебательное квантовое число). Стрелками показаны переходы, отвечающие линиям поглощения, которые обнаружены в спектре квазара PHL 957 при $z_{\text{погл.}} = 2,181$

Поглощающая область с $z_{\text{погл.}} = 2,181$, которую удалось выявить в спектре квазара PHL 957, оказалась практически полностью молекулярной. На луче зрения в столбе сечением 1 см^2 суммарное число молекул водорода составляет 10^{20} — 10^{21} , тогда как суммарное число атомов водорода равно 10^{18} , а возможно, еще меньше.

В спектре квазара PHL 957 при $z_{\text{погл.}} = 2,181$, наряду с сильными линиями H_2 и CO, найдены линии нейтральных атомов водорода, кислорода и углерода, но линий ионов, в частности ионов C II, мы не обнаружили. Степень ионизации газа в облаке необычайно мала. Это свидетельствует об очень низком уровне ионизирующего ультрафиолетового излучения.

Следовательно, молекулярное облако находится далеко от источников излучения, в частности от квазара PHL 957 (оно не принадлежит его оболочке). Облако удаляется от квазара вследствие общего космологического расширения со скоростью, составляющей 15% от скорости света, а от нас оно удаляется со скоростью, равной 82% от скорости света. Таким образом, поглощающая область с красным смещением $z_{\text{погл.}} = 2,181$ — космологически удаленное полностью молекулярное облако.

МОЛЕКУЛЫ CO В ГАЛАКТИКЕ

В молекулярных облаках Галактики молекулы CO — самые распространенные после молекул водорода и атомов гелия. Общее количество молекул CO более чем в 100 раз превосходит количество всех остальных молекул. Это обусловлено рядом причин. Во-первых, космическое обилие углерода и кислорода выше, чем обилие других химических элементов с атомным весом больше четырех. Во-вторых, молекулы CO обладают высокой летучестью и не конденсируются на межзвездных пылинках при температуре меньше 100 K, типичной для межзвездной среды. В-третьих, молекулы CO имеют большую энергию связи и очень устойчивы. Энергия ионизации молекулы CO, то есть энергия, необходимая для отрыва от

нее электрона, составляет 14 эВ, а энергия ее диссоциации, то есть энергия разделения молекулы CO на атомы C и O, больше 11 эВ. Это значительно выше, чем для молекулы водорода, энергия диссоциации которой равна лишь 4,5 эВ, а потому излучение, разрушающее H_2 и другие молекулы, не влияет на молекулы CO. Кроме того, молекулы CO имеют весьма удобные для радиоастрономических наблюдений линии излучения с длиной волны 2,64 и 1,32 мм, соответствующие переходам между нижними вращательными уровнями молекулы.

Все это приводит к тому, что среди 650 молекулярных радиолний с длиной волны от 50 см до 0,5 мм, зарегистрированных радиоастрономами в молекулярных облаках нашей Галактики и в соседних галактиках (туманность Андромеды, Магеллановы Облака и др.), радиолнии CO с длиной волны 2,64 и 1,32 мм — самые интенсивные. Исключение составляют лишь мазерные линии H_2O , OH и SiO («Земля и Вселенная», 1975, № 4, с. 15—20. — Ред.).

Исследование межзвездного газа в линии CO с длиной волны 2,64 мм дает наиболее полную информацию о пространственном распределении межзвездного газа в Галактике, о движении облаков, о температуре и плотности среды. Радиоизлучение межзвездных молекул CO служит удобным и наиболее информативным индикатором условий в межзвездной среде Галактики.

Мы надеемся, что исследование радиолний CO в космологически удаленных облаках с большим красным смещением также принесет ценную информацию об условиях, существовавших во Вселенной в далеком прошлом, о котором мы знаем еще весьма немного.



Профессор
В. Б. БРАГИНСКИЙ

Проблема обнаружения гравитационных волн

НОВЫЙ КАНАЛ ИНФОРМАЦИИ

Поиск гравитационного излучения — одна из самых интересных экспериментальных проблем, составляющих часть научного наследия А. Эйнштейна («Земля и Вселенная», 1979, № 2, с. 10—19.— Ред.). Существование гравитационных волн предсказывает общая теория относительности. Эти волны имеют чрезвычайно малую интенсивность и крайне слабо взаимодействуют с веществом, именно потому они до сих пор и не обнаружены.

В семнадцати научных лабораториях различных стран — СССР, США, Италии, ФРГ, Японии, Великобритании, Австралии — осуществляются довольно сходные программы поиска гравитационного излучения. Эти программы предусматривают разработку либо наземных, либо спутниковых антенн, предназначенных для обнаружения всплесков или постоянных потоков гравитационного излучения от внеземных (в основном внегалактических) источников.

Выбор такой схемы опыта определяется в первую очередь тем, что мощность гравитационного излучения пропорциональна квадрату массы источника M , а полная энергия, заключенная в источнике, есть Mc^2 . С увеличением массы при прочих равных условиях должна расти эффективность преобразования массы в гравитационное излучение, достигая 10% при коллапсе звезды. Несмотря на значительную удаленность от Земли, катастрофический коллапс звезд и, особенно, ядер галактик должен вызывать довольно большие потоки гравитационного излучения вблизи наземной или околоземной лаборатор-

С конца 60-х годов предпринимались попытки экспериментального обнаружения гравитационных волн. Сейчас во многих научных лабораториях идет интенсивная подготовка к «запуску» второго поколения гравитационных антенн, которые должны быть по крайней мере в 1000 раз чувствительнее. Получено первое косвенное подтверждение существования гравитационных волн.

рии. Вторая причина выбора схемы опыта с естественным излучателем — это надежда одновременно с регистрацией гравитационного излучения «открыть» новый канал астрофизической информации.

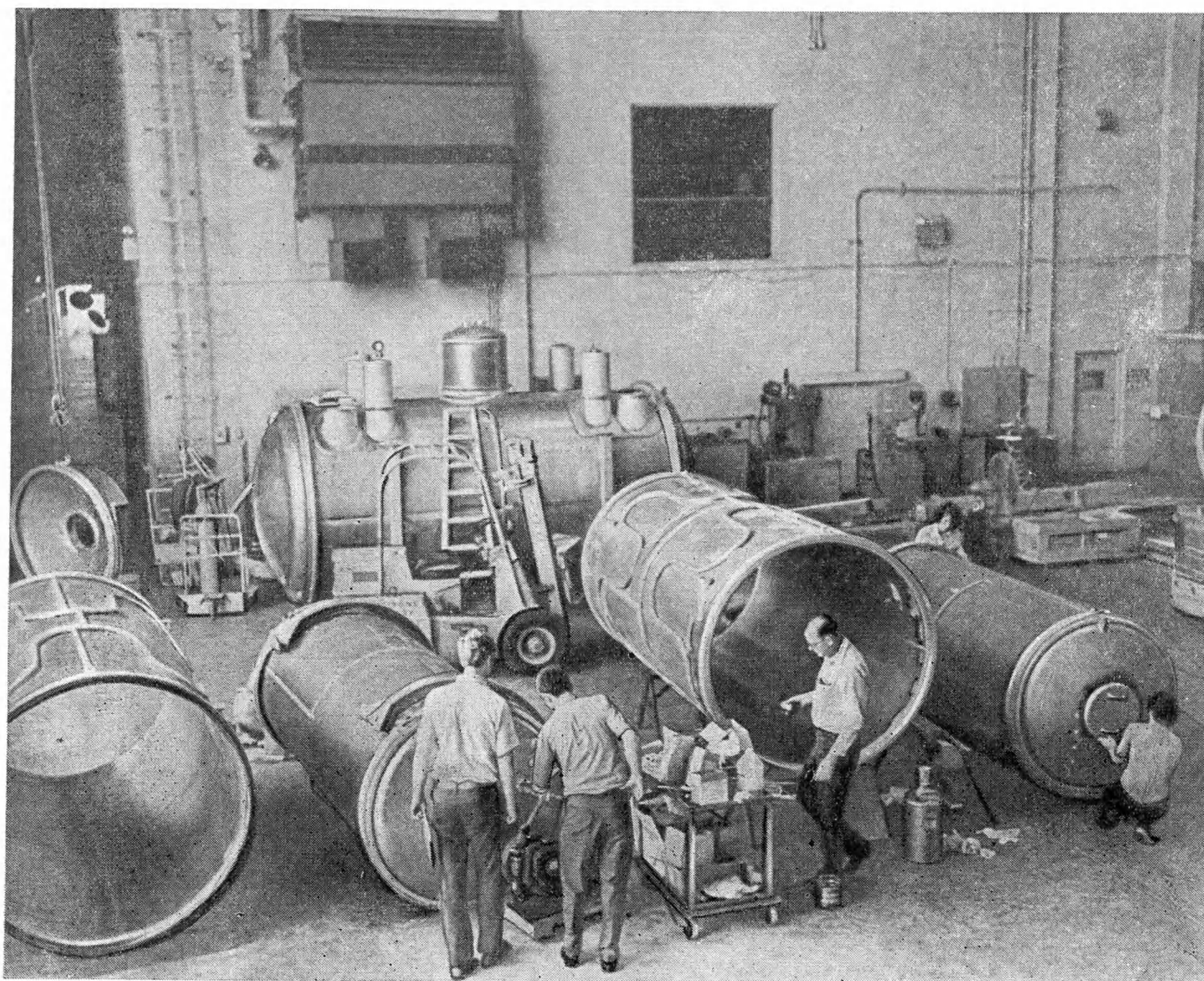
Большинство источников гравитационных волн — импульсные. Несимметричный коллапс звезды сопровождается мощным всплеском гравитационного излучения. Его энергия при коллапсе звезды массой 10 солнечных составит 10^{54} эрг. Взрывы сверхновых звезд, повторяющиеся раз в 20—30 лет в одной галактике, также могут порождать всплески гравитационного излучения, энергия которого 10^{52} — 10^{54} эрг. В трехстах галактиках, расположенных внутри сферы радиусом 10^{25} см, сверхновые должны вспыхивать 10—3 раза в год. Вблизи Земли плотность гравитационного излучения от этих источников окажется 10^4 — 10 эрг/см². Всплески гравитационных волн могут наблюдаться при падении в черную дыру вещества, при столкновении черных дыр (но такие события крайне редки) или пульсаров. Особенно мощное гравитационное излучение возникает во время коллапса ядер галактик. Коллапс ядер массой 10^6 — 10^{10} солнечных может сопровождаться всплеском гравитационного из-

лучения длительностью около 90 секунд и плотностью энергии вблизи Земли 10^3 эрг/см².

К постоянным источникам гравитационных волн относятся пульсары и двойные звездные системы. Самый молодой пульсар в Крабовидной туманности может создавать на Земле поток гравитационного излучения около 10^{-6} эрг/с·см². Слабые, но наиболее многочисленные источники гравитационных волн — двойные системы. Мощность, излучаемая двумя звездами в виде гравитационных волн, может достигать 10^{30} эрг/с (это немного меньше мощности светового излучения Солнца — $3,9 \cdot 10^{33}$ эрг/с). Однако поток гравитационных волн у Земли не превысит 10^{-10} — 10^{-12} эрг/с·см².

Кроме этих источников гравитационного излучения есть еще один — это начало расширения нашей Вселенной. Оставшееся от катастрофических событий того времени реликтовое гравитационное излучение (как и уже обнаруженное реликтовое электромагнитное излучение) имеет нетепловой спектр, простирающийся в очень широком диапазоне частот — от 10^{-7} до 10^{11} Гц.

О том, как происходит катастрофический коллапс звезд или ядер галактик, как излучают пульсары, мы знаем лишь в общих чертах. Открытие нового «гравитационного» канала информации позволит проверить, какие из моделей катастроф, предложенных астрофизиками, правильны. Но самое главное, новый канал информации, без сомнения, приведет к обнаружению явлений, о которых сейчас мы даже не догадываемся. Так было, когда появилась радиоастроно-



мия и рентгеновская астрономия. Многие открытия, сделанные в радио- и рентгеновском диапазонах, нельзя было предсказать заранее.

НАЗЕМНЫЕ АНТЕННЫ

В отличие от электромагнитного поля, которое в принципе удается выявить с помощью одного пробного тела — электрического заряда, гравитационное поле можно обнаружить только с помощью двух пробных масс (все гравитационные массы имеют заряды одного знака). При прохождении гравитационной волны расстояние между этими пробными массами будет изменяться. Следова-

но, приемник гравитационного излучения должен быть квадрупольного типа («Земля и Вселенная», 1965, № 5, с. 23—26.—Ред.). Иными словами, постановка гравитационно-волнового эксперимента невозможна без двух пробных масс.

«Принимать» гравитационное излучение может любая пара пробных

■
Сборка дьюара для гравитационной антенны, которая создается в Луизианском университете США. Приемник гравитационных волн — алюминиевый цилиндр массой 5 т, охлажденный до температуры $3 \cdot 10^{-3}$ К

масс, если некоторое устройство фиксирует малую разность сил, действующих на пробные массы, которые находятся в гравитационном поле. Такой парой могут быть Земля и ее спутник, Земля и звезда, две планеты, две пробные массы в лаборатории, протяженное твердое тело, в котором гравитационная волна возбуждает механические колебания.

Интенсивность гравитационных волн и вызываемые ими относительные деформации пространства, в котором распространяются волны, обычно характеризуются безразмерной величиной h . Значения h для различных источников гравитационного излучения приведены в таблице. Две проб-

Характеристики гравитационного излучения внесменных источников

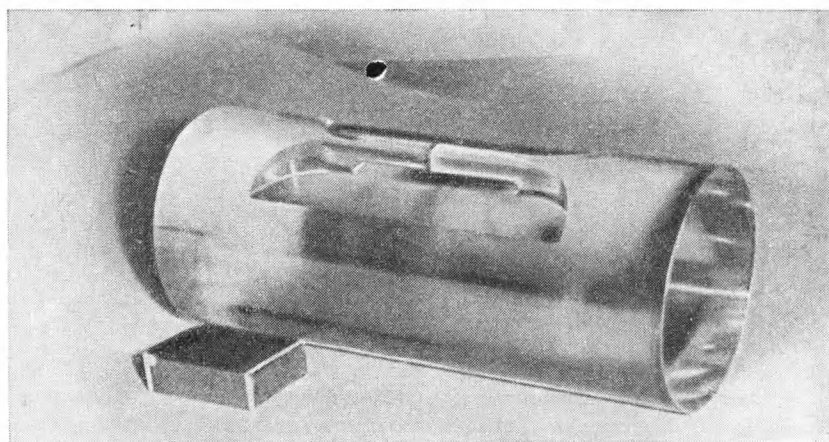
Тип источника	Относительные деформации околоземного пространства, вызванные гравитационным излучением	Характер излучения, диапазон частот	Количество лабораторий, разрабатывающих антенны
Взрыв сверхновой, несимметричный коллапс, столкновение малых черных дыр и пульсаров	$h=2 \cdot 10^{-19}-10^{-21}$	Импульсы длительностью $10^{-3}-10^{-4}$ с; 1-10 событий в год, наблюдаемых на Земле	14 (наземные антенны)
Коллапс ядер галактик	$h=10^{-14}-10^{-17}$	Импульсы длительностью 10^2-10^5 с; до 100 импульсов, наблюдаемых одновременно. Постоянный фон, частоты $10^{-7}-10^{11}$ Гц	2 (спутниковые антенны)
Реликтовое гравитационное излучение	$h=10^{-17}-10^{-18}$		
Излучение близких пульсаров	$h=10^{-25}-10^{-29}$	Непрерывное с частотой $4 \cdot 10^2$ рад/с	1
Излучение двойных звезд	$h=10^{-21}$	Непрерывное с частотой 10^{-3} рад/с	-

ные массы, расстояние между которыми равно l , в поле гравитационной волны будут с течением времени сближаться (или удаляться) на расстояние $\Delta l=lh$. Вот это смещение пробных масс и нужно зарегистрировать.

Наиболее известный приемник гравитационных волн — механический резонатор, предложенный Дж. Вебером («Земля и Вселенная», 1973, № 4, с. 19—25.— Ред.). Это — алюминиевый цилиндр длиной 153 см, диаметром 66 см и массой 1,4 т. Цилиндр подвешивался на проволоке к раме. Вся установка помещалась в вакуумную камеру и хорошо изолировалась от окружающей среды. Механические колебания цилиндра, которые должна возбуждать проходящая гравитационная волна, преобразуются в электрические сигналы пьезоэлектрическими датчиками, наклеенными в центральной части цилиндра. Эти сигналы усиливаются чувствительным усилителем.

Дж. Веберу удалось зарегистрировать механические колебания цилиндра, соответствующие движению одного торца цилиндра относительно другого с амплитудой $2 \cdot 10^{-14}$ см. (Напомним, что диаметр атома водорода 10^{-8} см.) Приемник Вебера был способен обнаруживать гравитационные волны, характеризующиеся величиной $h=10^{-16}$, но эта чувствительность оказалась недостаточной для регистрации гравитационного излучения. Эксперименты, проведенные в Советском Союзе и других странах, опровергли утверждение Вебера о том, что на таких антеннах можно наблюдать всплески, вызванные гравитационными волнами.

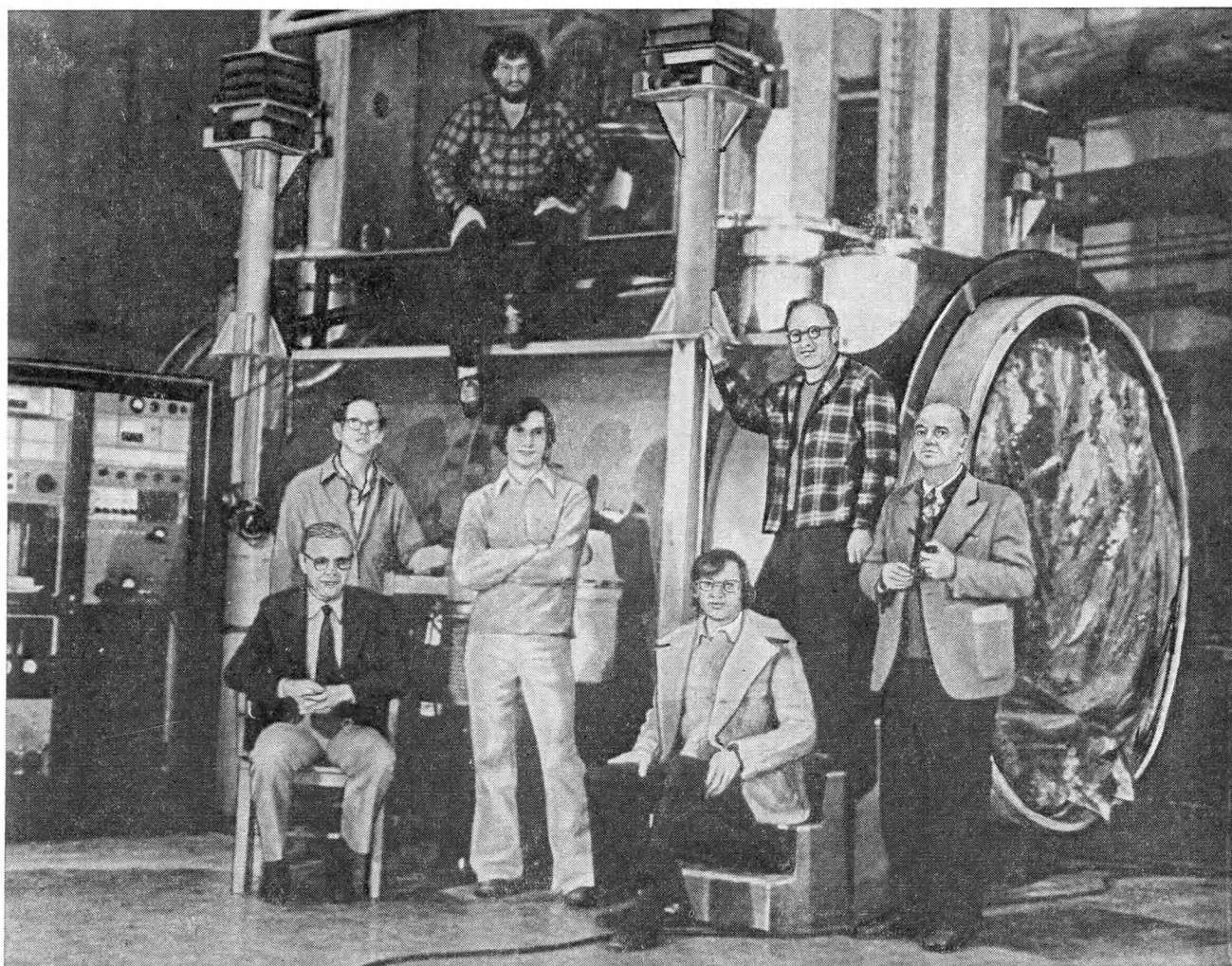
Как повысить чувствительность приемника Вебера? Решением этой проблемы заняты многие экспериментаторы. Приемник Вебера, как и все остальные приемники гравитационных волн, к сожалению, «шумит». Его шум обусловлен в первую очередь тепловым (броуновским) движением. Чтобы снизить шум и облегчить на его фоне выделение слабого полезного сигнала, нужно увеличить массу приемника (при большей массе влияние броуновского движения меньше) и охладить его (при абсолютном нуле броуновское движение исчезает). Та-



кой путь повышения чувствительности гравитационной антенны выбрали, в частности, сотрудники Стэнфордского университета (США). Они создают алюминиевый приемник массой 5 т, который будет работать при температуре $3 \cdot 10^{-3}$ К.

■ *Модель сапфирового резонатора для гравитационной антенны. Монокристалл сапфира массой 6 кг выращен в Институте кристаллографии АН СССР*

Другая возможность увеличить чувствительность приемника гравитационных волн — повысить его добротность. Добротность характеризует, во сколько раз энергия, запасаемая приемником во время колебаний, больше теряемой за один период. Добротность приемника Вебера была 10^5 , сейчас достигнуты значения $5 \cdot 10^9$ благодаря тому, что приемники делаются из материала с малым уровнем диссипации — из монокристаллов кварца, сапфира. При



температуре 2 К приемник, имеющий добротность $5 \cdot 10^9$, небольшую массу — 40 кг и длину 100 см, может в принципе зарегистрировать всплески гравитационного излучения, интенсивность которых соответствует $h = 10^{-21}$. Эксперимент с сапфировым приемником планируется в Советском Союзе и в Рочестерском университете (США).

Не менее трудно сделать и устройство, которое не внося помех, изме-

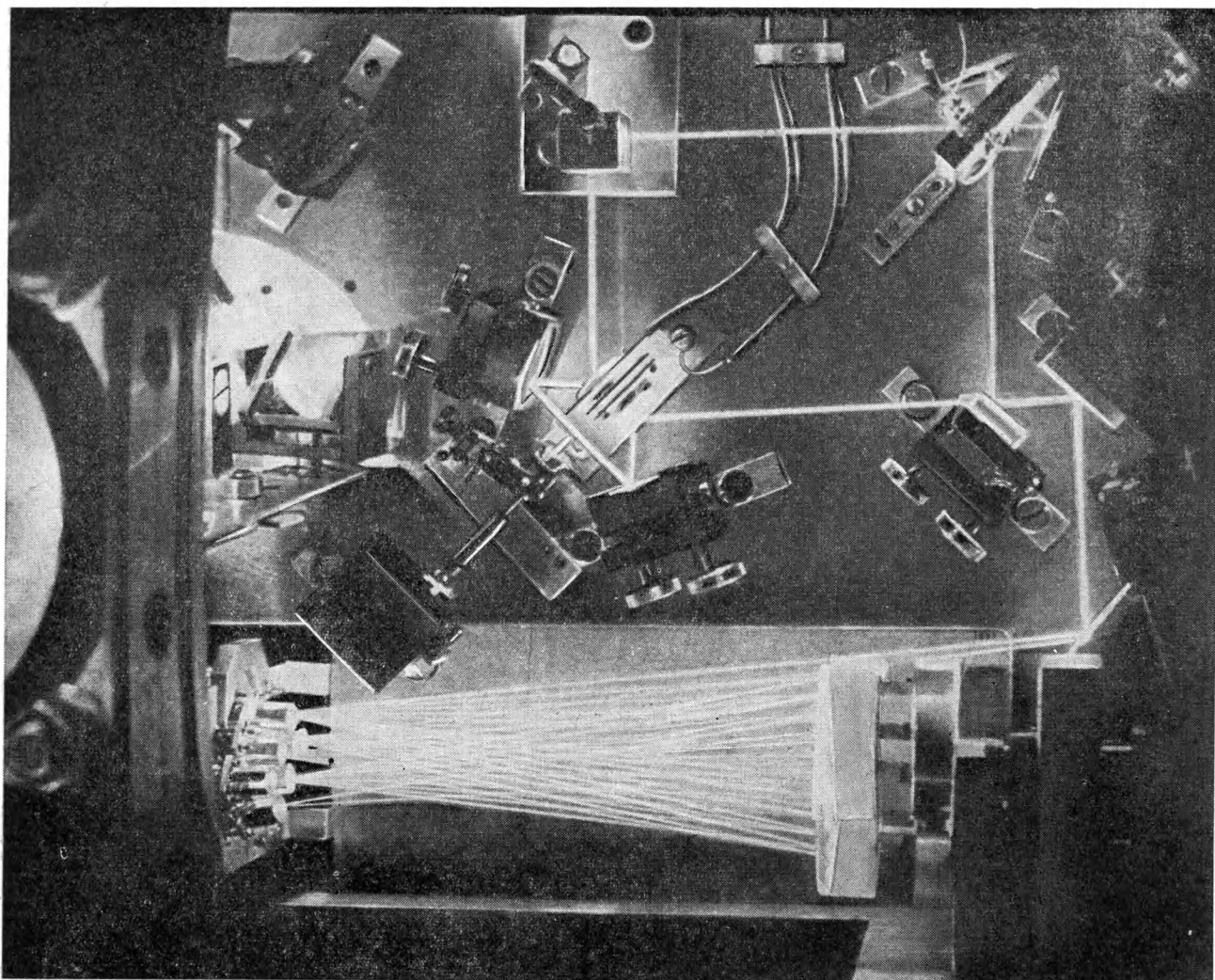
ряло бы малые колебания цилиндра. Дж. Вебер использовал в своих экспериментах пьезоэлектрические датчики из титаната бария. При относительной деформации алюминиевого цилиндра, составляющей 10^{-16} , на поверхности датчиков наводился полный заряд, равный заряду одного электрона (!). В связанной с датчиками электрической цепи возникало переменное напряжение 10^{-6} В, которое поступало на усилитель.

Предложен и другой метод измерений — относительное смещение торцов цилиндра определять по изменению емкости конденсатора, одна пластина которого прикреплена к цилиндру. Чтобы зарегистрировать всплески гравитационного излучения интенсивностью $h = 10^{-19} - 10^{-21}$, необходимо определять изменение ем-

кости конденсатора с разрешением $2 \cdot 10^{-13} - 10^{-15}$. Сейчас уже достигнуто разрешение $2 \cdot 10^{-12}$.

Но не только чисто технические задачи приходится решать экспериментаторам сегодня. Оказалось, что при регистрации всплесков гравитационного излучения интенсивностью $h = 10^{-21}$ нельзя использовать классические методы измерения, не учитывающие квантовые особенности механического резонатора. Год назад была предложена следующая процедура измерений: смещение торцов цилиндра определяется не непрерывно, а в течение малого интервала времени, повторяющегося в каждый период механических колебаний. Чтобы решить проблему обнаружения всплесков гравитационного излучения, потребовалось разработать такие

Сотрудники Стэнфордского университета рядом с гравитационной антенной. Крайний слева (сидит) — руководитель эксперимента профессор У. Фэйрбэнк, крайний справа — профессор В. Б. Брагинский



квантовые процедуры измерений, которые в свое время вызвали известную дискуссию по квантовой механике между А. Эйнштейном и Н. Бором.

Трудности, связанные с разработкой новых квантовых методов измерений, можно избежать, если отказаться от резонатора как приемника гравитационных волн. Вместо резонатора предполагается использовать две почти свободные массы, расположенные на большом расстоянии друг от друга — около 1 км. В поле гравитационной волны массы будут смещаться на величину $2 \cdot 10^{-14}$ — 10^{-18} см. Такие смещения можно измерить с помощью интерферометра Майкельсона («Земля и Вселенная», 1978,

№ 1, с. 52—59.— Ред.), элементы которого предлагается закрепить на этих массах. Источником монохроматического излучения в интерферометре будет лазер. Чтобы повысить точность измерений, лазерный луч прежде чем выйти из интерферометра должен многократно отразиться (до 1000 раз) от его зеркал. Создателям «лазерных» гравитационных антенн в США, Великобритании и ФРГ пред-

■ *Модель лазерной системы регистрации для гравитационной антенны, разработанная в университете Глазго (Великобритания)*

стоит решить еще много технических задач. Есть еще одно преимущество «лазерной» антенны перед механическим резонатором: эта антенна широкополосная, в то время как механический резонатор «хорошо» откликается в сравнительно узком диапазоне частот.

За последнее десятилетие уровень экспериментальной культуры в гравитационно-волновой области исследований повысился настолько, что в 1981—1982 годах можно ожидать увеличения чувствительности гравитационных антенн с механическими резонаторами и «лазерных» антенн до величины, соответствующей $h = 2 \cdot 10^{-19}$.

В двух научных лабораториях США разрабатываются спутниковые варианты гравитационных антенн. Они рассчитаны на прием излучения, которое возникает при коллапсе ядер галактик, или реликтового гравитационного излучения. Для обнаружения низкочастотного излучения предполагается использовать два спутника, удаленных от Земли на расстояние порядка длины гравитационной волны, что превышает расстояние между Землей и Луной. Такое большое расстояние между спутниками необходимо для того, чтобы спутники, попав в гравитационную волну, оказались в точках с различной интенсивностью гравитационного поля и получили разное ускорение. Относительные изменения скоростей спутников будет регистрировать установленная на них доплеровская радиолокационная аппаратура.

Когда спутники будут находиться в наиболее удаленных друг от друга точках орбиты, с одного спутника на другой отправится радиолуч. Если относительные скорости спутников изменились, то из-за эффекта Доплера частоты посланного и отраженного радиолучей окажутся различными. По доплеровскому сдвигу частоты можно оценить, насколько изменилось расстояние между спутниками под действием гравитационного излучения.

Для создания спутниковых гравитационных антенн прежде всего необходимо добиться, чтобы уровень нестабильности радиопередатчиков был лучше 10^{-14} — 10^{-17} . По-видимому, это будет достигнуто в течение ближайших нескольких лет. Первая попытка обнаружить всплески гравитационного излучения при коллапсе ядер галактик (а может быть, и фон реликтового гравитационного излучения) будет предпринята в 1982—1983 годах на спутниках «Solar—Polar».

Хочу подчеркнуть, что наземные гравитационные антенны, которые легче изготовить в большом количестве, чем спутниковые антенны, позволяют в принципе получить при заданном уровне чувствительности более достоверный результат. Действительно,

совпадение всплесков, зарегистрированных несколькими антеннами, которые находятся друг от друга на большом расстоянии (даже на разных континентах), поможет надежно исключить случайные всплески негравитационной природы. Кроме того, если временное разрешение составит единицы миллисекунд, то несколькими антеннами можно измерить запаздывание гравитационного всплеска, следовательно возбуждающего антенны в разных частях земного шара, а также определить, откуда пришла волна.

ПЕРВОЕ КОСВЕННОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ

Двойные звездные системы — это единственные надежно установленные источники гравитационных волн, положение которых нам точно известно. По мере того как двойные звезды теряют энергию за счет излучения гравитационных волн, их компоненты сближаются, и поэтому период обращения уменьшается. Косвенный эксперимент, который мог бы подтвердить существование гравитационного излучения, состоит в длительном наблюдении за изменением периода обращения «подходящих» двойных звезд. Разумеется, период обращения может уменьшиться и по другой причине, например, произойдет выброс большой массы вещества из одного компонента.

На протяжении четырех лет (с 1974 по 1978 год) велись наблюдения за изменением периода обращения двойной системы, один из компонентов которой пульсар PSR 1913+16. Американские радиоастрономы, проводившие наблюдения на 300-метровом радиотелескопе в Аресибо, обнаружили, что период этой двойной системы уменьшается на 0,0001 секунды в год. Результат измерений и теоретические оценки уменьшения периода обращения двойной системы за счет гравитационного излучения совпадают с точностью до 30%. Таким образом, получено первое косвенное подтверждение существования гравитационного излучения.



СПУТНИК ПУЛЬСАР ПЛАНЕТА ?

Известно, что интервалы времени между радиоимпульсами пульсаров сохраняются с большой точностью. Лишь постепенно, по мере того как замедляется вращение нейтронной звезды, которая расходует энергию своего вращения на излучение радиоволн и быстрых частиц, частота прихода импульсов от пульсаров уменьшается.

Недавно польские астрофизики М. Демьянски и М. Прожиньски рассмотрели, как изменялся период пульсара PSR 0329+54 на протяжении восьми лет. Они обнаружили, помимо плавного уменьшения частоты прихода импульсов, характерные «качания» частоты — период между импульсами то увеличивается, то уменьшается. Эти «качания» имеют синусоидальный характер с периодом три года. М. Демьянски и М. Прожиньски высказали несколько гипотез для объяснения синусоидальных колебаний частоты прихода импульсов. Естественно, по их мнению, связать эти колебания с эффектом Доплера, вызванным движением пульсара в двойной системе.

Каковы же параметры предполагаемого спутника пульсара PSR 0329+54? Спутник должен обращаться по орбите радиусом 1—3 а.е. с периодом три года и иметь массу 0,06—0,57 земной (неопределенность значений объясняется недостаточной точным знанием массы самого пульсара). Таким образом, у спутника пульсара примерно такой же размер орбиты и такая же масса, как у Марса (0,055 земной).

М. Демьянски и М. Прожиньски отметили, что еще у пятнадцати пульсаров зарегистрированы изменения частоты, которые могли бы возникнуть в результате движения вокруг пульсаров планет массой около 100 масс Земли и периодом обращения около 50 лет (примерно такая же масса и период обращения, как у Сатурна). Начатая недавно многолетняя программа наблюдений этих пульсаров позволит окончательно выяснить, есть ли у них планеты-спутники.

«Nature», 1979, 282, 5737.



ДВОЙНЫЕ КВАЗАРЫ

Квazarы, оказавшиеся очень активными ядрами далеких гигантских галактик, поставили перед астрофизиками много сложных проблем. Мы обсудим только одну из них. Почему большинство галактик входит в состав скоплений, групп или пар, а вот квазары, как правило, «избегают» всех этих образований?

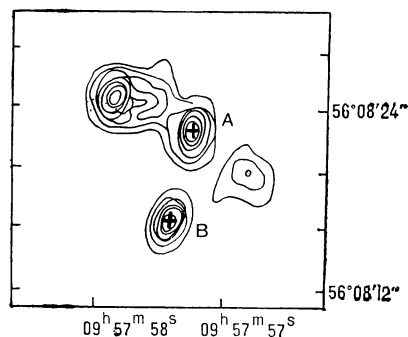
Ответ, в общем-то, достаточно прост: очень активная стадия в жизни ядер гигантских сфероидальных галактик, которую мы и наблюдаем как феномен квазара, достаточно «кратковременна» — меньше 10 млн. лет. Конечно, не надо забывать, что эта кратковременность относительная, ведь длительность стадии квазара мы сравниваем со временем жизни галактик — 10 млрд. лет. Угасшие квазары, которые стали просто активными ядрами галактик, вероятно, входят в состав скоплений, групп, пар галактик, но мы их не можем наблюдать, поскольку они уже не такие яркие, как раньше. Застать в скоплении галактик квазары на их яркой кратковременной стадии маловероятно. Действительно, если в скоплении 1000 галактик, то из них гигантских, ядра которых могли проходить стадию квазара, не больше 10. Поэтому из 100 скоплений (или из 1000 гигантских галак-

тик) мы увидим квазар всего в одном, так как его время жизни в 1000 раз меньше, чем время жизни галактики. Значит, из 1000 известных квазаров некоторые могут оказаться членами невидимых нами скоплений галактик.

Просматривая список из 640 квазаров, составленный американскими астрономами Дж. Бербиджем, А. Кроуном, Х. Смитом, можно выделить три пары квазаров, которые расположены на небольшом угловом расстоянии друг от друга. Их красные смещения различаются незначительно. Возможно, эти пары входят в ненаблюдаемые группы или скопления галактик. Нижний предел (из-за проекции) разности лучевых скоростей и расстояний между членами пар все же не позволяет считать их физически связанными между собой.

Попытки обнаружить «истинную», то есть физически связанную пару квазаров, не прекращаются. Найдя такую пару, можно оценить нижний предел массы квазара и еще раз подтвердить сходство квазаров с ядрами галактик. Возможно, такая «истинная» пара квазаров обнаружена в конце 1978 года американскими астрономами Д. Валшем, Р. Карвеллом и Р. Вейманном. Квазары 0957+561 A и B расположены на угловом расстоянии 5,7'' друг от друга и имеют в красном диапазоне спектра почти одинаковую звездную величину (17^m). Их спектры излучения также удивительно схожи по виду, красное смещение обоих квазаров 1,4. В спектрах видны и линии поглощения (ионизованный кремний, железо, алюминий, углерод, магний), которые по отношению к линиям излучения сдвинуты удивительно синхронно у обоих квазаров примерно на 3000 км/с в синюю часть спектра.

Считая, что нижний предел разности скоростей этих квазаров равен ошибке измерений (300 км/с), а нижний предел расстояния между



ними — 70 кпс (угловое расстояние около 6'', если постоянная Хаббла 50 км/с на 1 Мпс), можно получить нижний предел массы квазаров вместе с галактикой, в которую они погружены. Он оказался равным примерно 10¹¹ солнечных массам, что не противоречит предположению о квазаре как ядре галактики.

Открытие пар квазаров снова загло в сердцах теоретиков надежду, что среди этих пар есть и объекты, наблюдаемая двойственность которых связана с расщеплением изображения под действием гравитационной линзы. В самом деле, если на пути луча света от квазара к наблюдателю находится массивное темное тело (например, далекая эллиптическая галактика), то оно может служить своеобразной гравитационной линзой. Лучи света, идущие от квазара, искривляются вблизи «линзы», и при внеосевом ее расположении мы увидим два серповидных изображения квазара. Оба изображения должны быть очень узкими, разной длины и разной яркости. Из-за размывания оптических изображений земной атмосферой трудно отличить «истинную» пару квазаров от парного изображения одного квазара, порожденного действием гравитационной линзы. К счастью, многие квазары — сильно переменные объекты. В «истинной» паре квазары меняют свой блеск независимым образом. Если же мы наблюдаем парное изображение одного квазара, переменность этих двух источников окажется коррелированной: яркое и большое изображение будет изменять свою яркость позже, чем слабое. Причем запаздывание, вызванное тем, что лучи света идут к наблюдателю разными путями, может достигать нескольких месяцев.

Возможные пары квазаров

Координаты	Видимая визуальная величина	Красное смещение	Нижние пределы	
			расстояния между квазарами, Мпс	разности лучевых скоростей, км/с
0052+146 0052+145	18,2 18,3	0,874 0,911	4,6	3000
0147+090 0148+090	17,4 17,4	0,27 0,30	0,35	6900
0254-334 0254-334	17,0 16,0	1,915 1,849	0,41	6900

■
Радиоизображение двойного квазара 0957+561 на длине волны 6 см. Размеры компонентов A и B квазара 1-3'', суммарный поток от них на волне 6 см около 0,23 Ян

Изучение характера переменности квазаров 0957+561 А и В уже началось. В ближайшее время или подтвердится «истинность» этой пары, или будет обнаружен не менее интересный феномен — гравитационная линза. Правда, ряд данных, в том числе и форма радиоисточников, связанных с двойным квазаром, свидетельствует, скорее, за истинность этой пары.

Кандидат физико-математических наук
Б. В. КОМБЕРГ

МЕТЕОРИТ ЦАРЕВ

Среди многочисленных писем, авторы которых сообщают в Комитет по метеоритам АН СССР о наблюдении болида или возможной находке метеорита, меня заинтересовало летом 1979 года письмо от электросварщика Бориса Георгиевича Никифорова из села Царев Ленинского района Волгоградской области. Он написал, что на полях совхоза «Ленинский» встречаются большие камни ржавого цвета, очень плотные и тяжелые. Б. Г. Никифоров прислал в Комитет по метеоритам осколок одного из этих камней. На поверхности осколка массой около 300 г хорошо видны уже окислившаяся поржавевшая кора плавления и характерные для метеоритов вмятины — регмаглипты. Сомнений не было — найден каменный метеорит — хондрит.

На сколе образца вещество имело почти черный цвет. Обычно вещество внутри каменных метеоритов серого цвета. Потемнеть оно могло в далеком прошлом, возможно, миллиарды лет назад, когда вещество метеорита находилось еще в недрах своего родительского астероида. Этот астероид, двигаясь в межпланетном пространстве, испытал мощный удар от столкновения с другим астероидом, в результате чего вещество сильно разогрелось.

В середине сентября 1979 года я выехал в село Царев для обследования места находки метеорита. Во дворе дома Б. Г. Никифорова лежало семь образцов метеорита, каждый массой в несколько десятков килограммов, четыре более массивных образца находились в поле. Там же удалось разыскать еще четыре метеорита. Масса самого крупного образца свыше 300 кг, два других весят более 100 кг каждый, а все 15 найденных образцов — около 800 кг. Метеориты собраны на площади поперечником 4 км. Царев — самый большой каменный метеорит, найденный на территории нашей страны, и третий по величине в мире.

Первые находки метеоритов на полях совхоза «Ленинский» относят-



ся к весне 1968 года. По словам тракториста С. Ф. Ульява, в то время попадалось много небольших метеоритов массой от 5 до 15 кг. Их кора плавления была менее ржавой, чем сейчас, метеориты казались глянцевыми. (К сожалению, почти все они утеряны.) Метеориты лежали на стерне или почве, слегка примяв ее. Конечно, метеориты могли быть смещены во время полевых работ, однако и поблизости никаких лунок или воронок от удара метеоритов не

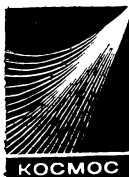
обнаружено. Свидетелей падения метеоритного дождя разыскать не удалось. По мнению председателя Комитета по метеоритам АН СССР Е. Л. Кринова, каменный метеоритный дождь Царев выпал зимней ночью 1967/68 года на снежный или ледяной покров полей, а весной метеориты осели на почву.

Ученые уже начали детальные исследования химического и минералогического состава метеорита Царев — 157-го отечественного метеорита в коллекции Академии наук СССР. Продолжается сбор образцов и изучение области рассеяния метеоритного дождя. Президиум АН СССР выплатил Б. Г. Никифорову премию за находку метеорита.

Р. Л. Хотинок осматривает образцы метеорита Царев

Фото В. Чернышева

Р. Л. ХОТИНОК



Кандидат технических наук
М. Б. КАПЛУНОВ
Кандидат технических наук
Ю. М. ПАЯНСКИЙ

Космическая связь на Олимпиаде-80

Много веков назад счастливы, побывавшие на Олимпийских играх, рассказывали соседям и домочадцам о волнующих перипетиях состязаний. Но, конечно, никакие рассказы не могли заменить личного присутствия.

Прошли столетия. В конце XIX века вновь возрождается олимпийская традиция уже в мировом масштабе. Однако передача информации о состязаниях по существу оставалась неизменной с античных времен. Правда, рассказчиков сменили профессионалы-корреспонденты, оснащенные передовой для того времени техникой, но на самих играх присутствовал все-таки ограниченный круг людей. На помощь пришло радио с его репортажами с места событий. Но, лучше один раз увидеть...

Только развитие телевидения, сначала черно-белого, а затем цветного, позволило раздвинуть стены стадионов до многомиллионной аудитории телезрителей. Вплоть до 60-х годов XX века эта аудитория практически ограничивалась рамками континента. Лишь с появлением спутников связи Олимпийские игры превратились поистине во всемирное зрелище. Начиная с токийской Олимпиады 1964 года, когда впервые для телевизионных передач были использованы искусственные спутники Земли, происходит бурный рост зрительской аудитории телевидения и числа телевизионных программ. Вот некоторые цифры: Мехико (1968 г.) — 7 телевизионных программ смотрели одновременно 500 млн. человек; Мюнхен (1972 г.) — 12 программ — 1 млрд. человек; Монреаль (1976 г.) — 13—15 программ — 1,4 млрд. человек. При этом все большая часть телевизионных программ

Для обеспечения Олимпийских игр привлекаются современные технические средства. Во время Олимпиады-80 для передач телевидения будут широко использоваться спутники связи. Благодаря им число телезрителей увеличится до двух миллиардов человек.

передавалась через космос («Радио и телевидение ОИРТ», 1977, № 5, с. 17—27).

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММ И ОБЪЕМ ПЕРЕДАЧ

После передачи олимпийской эстафеты Москве потребовалось оценить ожидаемое число телезрителей Олимпийских игр 1980 года, принципы формирования телевизионных программ и необходимое их число, объем телефонной связи. С этой целью анализировали опыт прошлых Олимпиад, учли, что появились новые системы связи, созданные с помощью искусственных спутников Земли, в Азии, Африке, Южной Америке, что ряд стран и компаний стремится к предпочтительному показу соревнований с участием спортсменов данной страны или региона.

В результате было определено, что во время Олимпийских игр 1980 года потребуются одновременно передавать в другие страны и континенты не менее 20 телевизионных программ, организовать сотни комментаторских телеканалов, обеспечить большие объемы радиовещания и телефонной связи. Число телезрителей достигнет примерно двух миллиардов человек.

ОЛИМПИЙСКИЕ ОБЪЕКТЫ

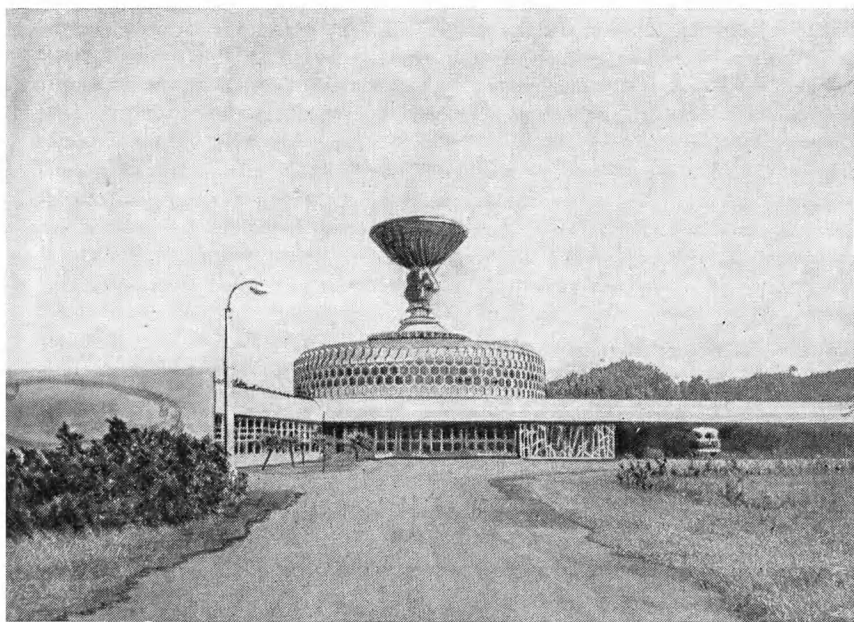
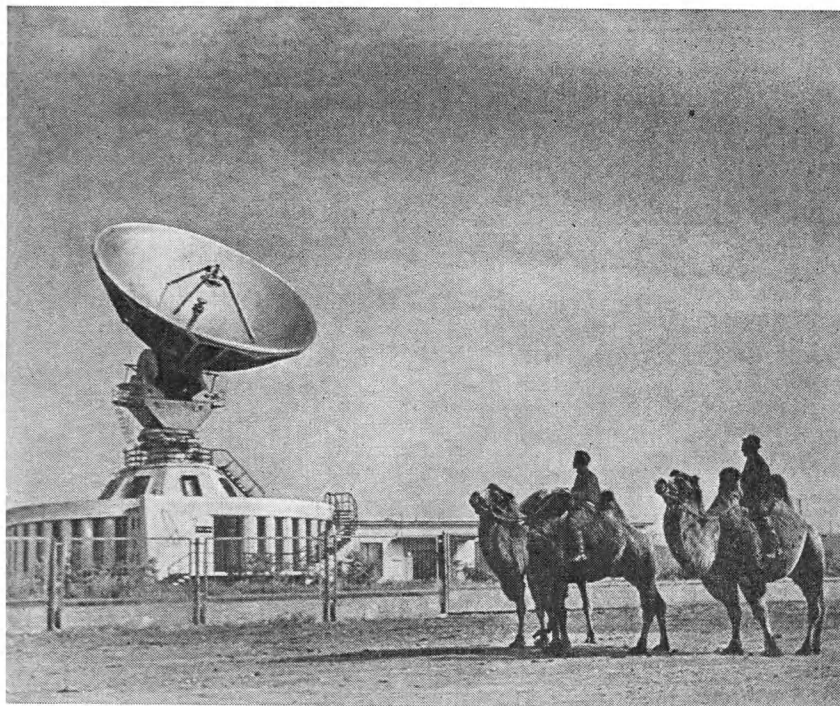
Серьезную проблему представляло создание новых телевизионных каналов, для которых требуются наибольшие информационные емкости.

На период Олимпийских игр существенно возрастает число необходимых международных телевизионных каналов. Поэтому решено использовать на время Олимпиады-80 два новых советских спутника связи «Горизонт», обслуживающих отечественные линии и международную систему спутниковой связи «Интерспутник». Оба спутника выведены на геостационарную орбиту в точки с координатами 14° з. д. и 53° в. д. Международные регистрационные индексы этих спутников, соответственно, — «Стационар-4» и «Стационар-5» («Земля и Вселенная», 1977, № 5, с. 8—15.— Ред.).

На спутниках «Горизонт» установлены многочисленные ретрансляторы в диапазонах частот 6 ГГц (прием) и 4 ГГц (передача), предназначенные для обеспечения телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи телевизионных программ. Стволы (радиоканалы) ретрансляторов универсальны. Через них могут быть организованы телепередачи и телефонно-телеграфная связь.

Для работы через спутники «Горизонт» сооружены две новые земные станции системы «Интерспутник» возле городов Владимир и Дубна.

Потребовалось также дооборудовать станции «Интерспутника» в НРБ, ВНР, ГДР, ЧССР, чтобы они смогли принимать телевизионные программы через спутник «Стационар-4». Намечено также наряду с отечественными



■
Земная станция международной системы спутниковой связи «Интерспутник» в Монголии

■
Земная станция международной системы спутниковой связи «Интерспутник» на Кубе

спутниками воспользоваться спутниками системы «Интелсат» («Земля и Вселенная», 1977, № 5, с. 8—15.—Ред.).

Дооборудована телевизионной аппаратурой для работы через «Интелсат» земная станция возле города Львова и земная станция возле Москвы. Сооружена новая земная станция системы «Интелсат» в Дубне.

Для создания, формирования и показа олимпийских программ телевидения и радио построен новый Олимпийский теле-радиоцентр. Уже на этапе проектирования олимпийских объектов в их основу был заложен принцип преемственности, то есть обеспечения эффективного использования этих дорогостоящих объектов не только во время Олимпийских игр, но и после их окончания.

Спутники «Горизонт» и связанные с ними земные станции будут служить дальнейшему развитию связи в СССР и международной системы «Интерспутник». Олимпийский теле-радиоцентр — для формирования и выдачи новых внутрисююзных программ.

«ТЕХНОЛОГИЯ» ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРОГРАММ

«Фабрикой», производящей телевизионные программы, будет Олимпийский теле-радиоцентр. На стадионах, в пресс-центрах и других местах проведения трансляций расположатся десятки передвижных технических средств, сотни комментаторских кабин и другое оборудование, с помощью которого сигналы передадут на Олимпийский теле-радиоцентр.

Прием и распределение сигналов,

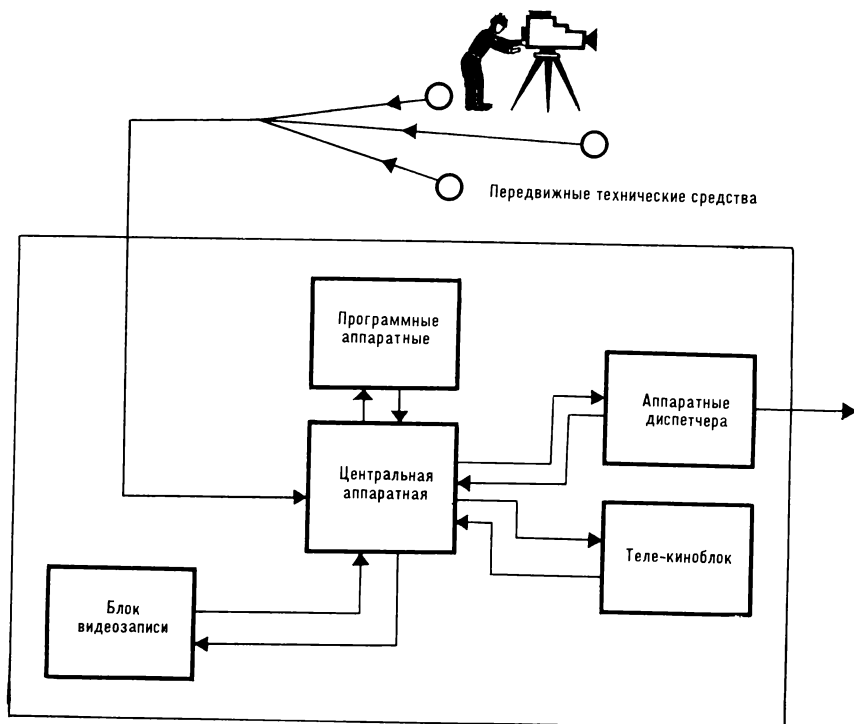


необходимых для создания и выпуска программ, осуществляются в центральной аппаратной. Сигналы, поступающие отсюда на входы программных аппаратных, будут использоваться режиссерами для создания программ. Всего предусмотрено 15 аппаратно-программных блоков национальных программ и три комплекса для формирования и выпуска региональных программ. Каждый из 15 блоков располагает студией площадью 60 м², а каждый из «региональных» комплексов — еще и студией площадью 150 м² («Радио и телевидение ОИРТ», 1977, № 5, с. 17—27).

В Олимпийский теле-радиоцентр входят также блок видеозаписи, теле-киноблок и другое оборудование. Диспетчеры аппаратных координируют подачу программ на выходные каналы Олимпийского теле-радиоцентра. Важное значение имеет расположенный в том же здании Олимпийский коммутационный центр Министерства связи СССР, предназначенный для коммутации и контроля поступающих в Олимпийский теле-радиоцентр и исходящих из него телевизионных каналов. В Олимпийском коммутационном центре сосредоточена аппаратура для проведения дистанционных измерений, что позволяет контролировать качество передачи телевизионных программ на выходах международных наземных линий и линий подачи на земные станции спутниковой связи.

ПОДАЧА МЕЖДУНАРОДНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРОГРАММ

С выходов Олимпийского теле-радиоцентра телевизионные програм-



мы поступят на космические и наземные линии связи. В передачах телевизионных программ по космическим линиям будут участвовать две системы — «Интерспутник» с искусственными спутниками Земли «Стационар-4» и «Стационар-5» и «Интелсат» с двумя спутниками над Атлантическим океаном АО-1 и АО-3 и одним над Индийским океаном ИО. Таким образом, в олимпийских передачах будут принимать участие пять искусственных спутников Земли, обеспечивающих работу большого числа земных станций.

Телевизионные каналы будут использованы по-разному. По части каналов будут осуществляться непосредственные передачи программ данной стране (например, ГДР, МНР) либо региональных программ для групп стран (например, программа «Интервидение»). Поступающие по другим

каналам телевизионные программы после приема земными станциями системы «Интерспутник» (НРБ, ВНР, ЧССР) будут транзитом передаваться по наземным линиям в другие страны. При этом телевизионные программы, предназначенные для стран, обеспечивающих транзит, в частности НРБ, ВНР, ЧССР, организуются по наземным линиям. Тем самым сократится число ретрансляций на линиях большой протяженности.

Через космические каналы системы «Интелсат» телевизионные программы, помимо Европы, будут передаваться в Америку, Африку, Азию и Австралию.

Всего по космическим линиям можно будет одновременно передавать 15 телепрограмм, а по наземным линиям — 7-8.

Таким образом, искусственные спутники Земли возьмут на себя основную нагрузку по обслуживанию телеаудитории Олимпиады-80 во всем мире.

Схема Олимпийского теле-радиоцентра



Профессор
А. А. КОСМОДЕМЬЯНСКИЙ
Кандидат технических наук
В. Н. СОКОЛЬСКИЙ

Вальтер Гоманн (к 100-летию со дня рождения)

Известный немецкий ученый и инженер, один из пионеров теоретической космонавтики Вальтер Гоманн родился 18 марта 1880 года в Гардхейме (Оденвальд) в семье врача. Там же прошли его детские годы. В 1886 году он вместе с родителями переехал в Африку (Порт-Элизабет), где в 1891 году окончил частную начальную школу, после чего был направлен родителями в Германию для получения классического образования.

Среднее образование В. Гоманн получил в Вюрцбурге, где он с 1891 по 1900 год обучался в гимназии, высшее — в Мюнхене, в Техническом университете, который окончил в 1904 году, получив диплом инженера в области гражданского строительства.

В Техническом университете В. Гоманн, наряду с предметами, имевшими прямое отношение к его будущей специальности, — математикой, теоретической механикой, строительными дисциплинами, прослушал специальный курс лекций по баллистике, что было связано с его интересом к астрономии. Позднее В. Гоманн писал, что именно интерес к астрономии и баллистике привел его к исследованию проблем механики космического полета.

После окончания университета В. Гоманн работал в различных промышленных организациях Вены (1904—1906 гг.), Берлина (1906—1908 гг.) и Ганновера (1908—1909 гг.), занимаясь вопросами строительства зданий, сооружений и мостов. С 1909 по 1911 год он читал лекции в Техническом университете в Ганновере, а в



1911 году вновь начал работать в одной из строительных организаций города Бреслау. Но, как отмечают био-

графы В. Гоманна, работа в строительных организациях не приносила ему удовлетворения.

В 1912 году Вальтер Гоманн занял должность инженера по гражданским сооружениям Главного строительного управления города Эссена. Одно-

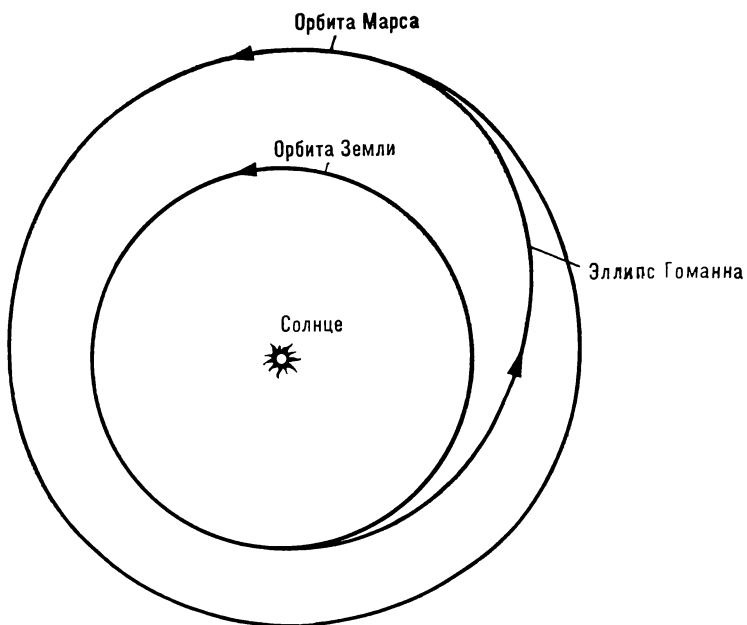
■
Вальтер Гоманн (1880—1945)

временен он работал в Отделении статики сооружений и Лаборатории испытания материалов и продолжал вести научные исследования в области статики сооружений и железобетонных конструкций. В 1916 году он закончил докторскую диссертацию, посвященную проблемам сочетания старых и новых материалов в железобетонных конструкциях, которую представил в Технический университет города Аахена. Однако из-за условий военного времени докторская степень была ему присуждена лишь в 1920 году.

Наиболее известная работа Гоманна «Die Erreichbarkeit der Himmelskörper» (дословно «Достижимость небесных тел»), принесшая ему всемирное признание, была опубликована в 1925 году. По словам самого автора, работу над ней он начал еще во время первой мировой войны, в 1914 году. В. Гоманн, как и многие другие пионеры теоретической космонавтики, начал интересоваться вопросами осуществления межпланетных полетов под влиянием научно-фантастических произведений Ж. Верна и К. Ласвицта. Еще более приблизило его к исследованиям в этом направлении знакомство с книгой В. Траверта «Основы космической физики», вышедшей в 1911 году.

Хотя основные результаты, изложенные В. Гоманном в книге «Достижимость небесных тел», были, по сообщениям немецких историков науки, получены им еще в годы первой мировой войны, он долго сомневался в возможности издания научного труда по данной проблематике. Лишь в декабре 1923 года В. Гоманн решил направить рукопись своей книги в издательство Франка в Штутгарте, но примерно через месяц рукопись была ему возвращена.

Вскоре узнав, что издательство Ольденбург в Мюнхене и Берлине опубликовало две книги, посвященные проблемам межпланетных полетов (Г. Оберта «Ракета в межпланетное пространство» и М. Валье «Прорыв в космос»), В. Гоманн направил свою работу в это издательство. В 1925 году его книга, получившая положительные отзывы Г. Оберта и М. Валье, была издана и сразу же привлекла



к себе внимание специалистов, занимавшихся проблемами космического полета.

Книга «Достижимость небесных тел» состоит из пяти разделов: «Преодоление силы земного притяжения», «Возвращение на Землю», «Свободный полет в космическом пространстве», «Облет других небесных тел», «Посадка на другие небесные тела».

Первый раздел посвящен решению задачи о возможности преодоления силы земного притяжения. В нем рассматривается движение точки переменной массы по радиальному направлению от центра Земли. Земля считается неподвижной и лишенной атмосферы. Для упрощения вычислений В. Гоманн делает довольно грубое приближение, заменяя истинное значение ускорения силы тяжести некоторым (достаточно произвольным) средним его значением. Задача становится весьма простой и с современной точки зрения мало интересной.

Второй раздел посвящен исследованию траекторной задачи о возвращении ракеты (строго говоря, точки постоянной массы) на поверхность Земли. Допуская, что первоначаль-

ная траектория точки есть эллипс, перигей которого находится в атмосфере Земли, В. Гоманн считает, что на некотором участке траектории вблизи перигея происходит торможение (уменьшение скорости за счет аэродинамической силы) и расстояние в апогее убывает. Он применяет квадратичный закон сопротивления среды и предполагает, что плотность атмосферы изменяется по закону:

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{y}{400} \right)^{49},$$

где ρ_0 — атмосферное давление на поверхности Земли, y — высота точки над поверхностью Земли в километрах. Расчеты также носят приближенный характер.

В третьем разделе исследуется классическая задача небесной механики. Для криволинейных движений В. Гоманн пользуется теоремой площадей и законом сохранения энергии. Интересно отметить, что для изменения угловой скорости космического корабля В. Гоманн рекомендует космонавтам перемещаться в кабине по окружности и пишет: «чтобы вызвать полный оборот летательного аппарата, его обитатели должны проделать приблизительно 120 кругов вдоль стенок аппарата».

Четвертый и пятый разделы наиболее интересны. Здесь вычисления

■ *Оптимальная траектория перелета Земля — Марс (эллипс Гоманна)*

проведены достаточно строго. Из сопоставления траекторий Земля—Венера и Земля—Марс численно определяется оптимальная траектория. Основной вывод исследования В. Гоманн формулирует так: «При переходе с орбиты планеты на соединительный эллипс, который касается этой орбиты и пересекает орбиту другой планеты, во всех случаях требуется более значительное изменение скорости ΔV , чем при касании орбит обеих планет, так как в последнем случае изменение кривизны минимально. Таким образом, из полученных результатов можно сделать вывод, что эллипс, касающийся орбит обеих планет, действительно является наилучшим вариантом траектории для полетов между ними».

Значение этой книги Вальтера Гоманна заключается в том, что в ней достаточно подробно рассмотрены вопросы теории космического полета и предложена оптимальная траектория полета с одной планеты на другую, получившая впоследствии наименование «траектории Гоманна».*

После выхода книги «Достижимость небесных тел» имя В. Гоманна стало довольно широко известно специалистам, занимавшимся проблемами межпланетных полетов. Он стал получать от них письма, некоторые обращались к нему за помощью. Когда в октябре 1927 года В. Гоманн вступил в немецкое Общество космических полетов, созданное летом того же года в городе Бреслау, В. Гоманну предложили войти в состав руководства общества.

* Следует отметить, что независимо от В. Гоманна, а в некоторых случаях и с большей глубиной, указанные вопросы были рассмотрены в рукописных работах советского ученого Ф. А. Цандера, относящихся к 1922—1923 годам, то есть еще до опубликования книги В. Гоманна. Хотя указанные работы не были изданы при жизни Ф. А. Цандера, о полученных им результатах он сообщал в докладах и лекциях, прочитанных им в 1924—1925 годах. Поэтому некоторые исследователи выступают с предложением называть переходные эллипсы, касательные к орбитам обеих планет, «эллипсами Гоманна—Цандера».

В 1928 году Гоманн опубликовал в сборнике «Возможность межпланетных сообщений» свою вторую работу по проблемам космических полетов, в которой он развил положение, выдвинутое им в двух последних разделах его первой работы, и рассматривал различные траектории межпланетных перелетов, время полета и возможные способы посадки на другие небесные тела.

В дальнейшем В. Гоманн больше не публиковал научных статей по проблемам теоретической космонавтики, хотя продолжал интересоваться этими вопросами до конца своей жизни. Скончался он в городе Эссене 11 марта 1945 года.

В научную литературу по космонавтике вошли такие понятия как «траектория Гоманна», «эллипс Гоманна», «посадочный маневр Гоманна». В 1931 году В. Гоманн был избран почетным членом Австрийского общества содействия исследованию космического пространства, в 1946 году, уже после его кончины, пришло сообщение об избрании Гоманна членом-корреспондентом Французской секции аэронавтики; в городе Эссене, в котором В. Гоманн провел большую часть своей жизни, его именем названа обсерватория и одна из улиц; в Гардхейме, в городе, в котором он родился, установлена мемориальная доска; имя В. Гоманна присвоено одному из кратеров на обратной стороне Луны; по рекомендации Международной академии аэронавтики принято решение о включении В. Гоманна в число ведущих ученых мира, сыгравших наиболее существенную роль в развитии ракетно-космической науки и техники, в Международный зал космической славы, открытый в городе Аламогордо (США) в 1976 году.

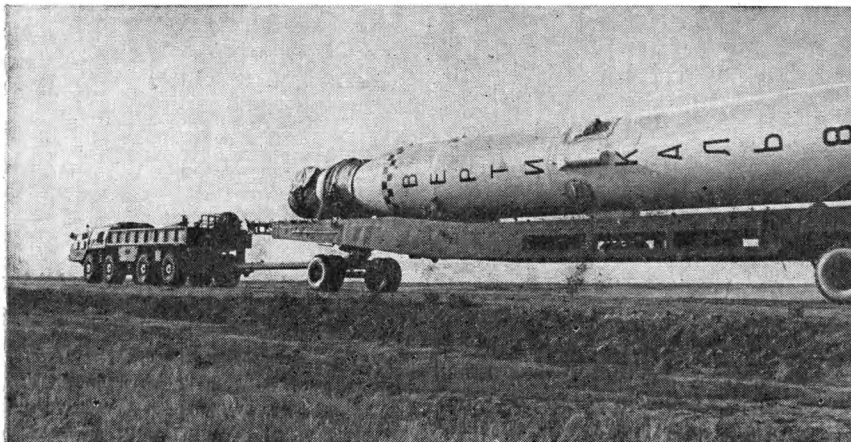


«ВЕРТИКАЛЬ-8» ИССЛЕДУЕТ СОЛНЦЕ

26 сентября 1979 года могучая ракета вывела за пределы земной атмосферы новый астрофизический зонд. Началась очередной эксперимент по программе «Интеркосмос». Научная аппаратура, установленная на зонде, продолжила исследования процессов, происходящих на Солнце. Казалось бы, что могут дать еще 10 минут полезной работы приборов «Вертикали-8», тогда как в последнее десятилетие были запущены специальные спутники для изучения Солнца. Но результаты запуска «Вертикали-8» ознаменовали важный этап во внеатмосферных исследованиях Солнца, а сама аппаратура экспонировалась в 1979 году на выставке в Ле-Бурже (Франция) и демонстрировалась в павильоне «Космос» на ВДНХ. Чем же примечателен этот запуск?

В настоящее время уже не интересно измерять потоки в недоступных для наземных наблюдений спектральных диапазонах от всего диска Солнца. Сейчас важно зарегистрировать излучение источников размером от одной до нескольких тысячных долей солнечного диаметра (2—5"). Кроме того, измерения должны проводиться не одним прибором, а комплексом приборов, включающим телескопы для получения рентгеновских изображений, рентгеновские спектрографы и фотометры для самого жесткого излучения. Поэтому свыше десяти лет шла большая работа по созданию платформы, способной навести на Солнце с точностью в несколько угловых секунд научную аппаратуру массой 100—150 кг и удерживать ориентацию в течение всего полета зонда.

Такая платформа была создана в Гарнийской астрофизической лаборатории АН АрмССР. На многочисленных испытаниях красивая платформа поражала всех своей легкостью и подвижностью. Существенное уменьшение массы платформы было достигнуто за счет того, что ее сделали полый. И на испытаниях и в полете оптические датчики платфор-



мы, ее электроника и механика обеспечили наведение избранного на платформе направления (оптической оси) на Солнце с точностью не хуже $5''$.

Научная аппаратура зонда изготовлена в СССР, ПНР и ЧССР. Рентгеновский телескоп с телевизионной регистрацией изображения, созданный в лаборатории спектроскопии Физического института АН СССР, работал в диапазоне длин волн короче 50 \AA . Другой телескоп, изготовленный в ПНР, тоже был предназначен для фотографирования Солнца в мягком рентгеновском диапазоне. Зеркала для обоих телескопов изготовлены в ЧССР. Эти зеркальные солнечные телескопы характеризуются высоким пространственным разрешением.

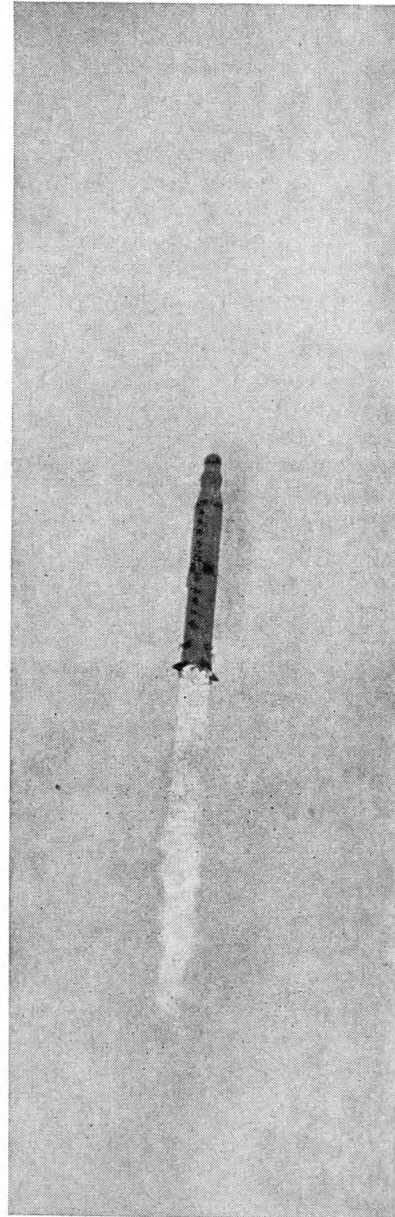
Два советских и один польский спектрографы работали в области длин волн $5-12 \text{ \AA}$. Они обеспечивают спектральное разрешение $10^{-2}-10^{-3} \text{ \AA}$ и позволяют выделять различные линии высокоионизованных ионов. Для регистрации самого жесткого излучения использовались два фотометра (ПНР и СССР, Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР).

Этот качественно новый набор аппаратуры для рентгеновских исследований Солнца позволяет достаточно подробно исследовать излучение активных областей и вспышек.

Нелегко оказалось совместить направления оптических осей всех приборов с точностью в несколько угловых секунд. Действительно, на пути 100 м луч, идущий по оптической оси, не должен был отклоняться более чем на 1 см . Для этой цели польские специалисты изготовили юстировочные приспособления, которые устанавливались на приборы при окончательных испытаниях.

Как известно, ученые всего мира в 1979—1980 годах участвуют в наблюдениях Солнца по международной программе «Годы солнечного максимума». В эти годы на Солнце существуют многочисленные активные области и трудно выбрать момент, когда рентгеновское излучение сильно не изменялось бы во времени. Действительно, при высокой солнечной активности мягкое рентгеновское излучение связано в основном со вспышками: не успеет затухнуть излучение одной вспышки, как начинается другая. В этом смысле момент запуска «Вертикаль-8» оказался удачным; хотя на диске было множество активных областей, вспышечная активность исчезла примерно за 10 часов до запуска и возобновилась лишь к концу этого дня. Таким образом удалось зарегистрировать излучение активных областей (в том числе и больших), не искаженное влиянием вспышек.

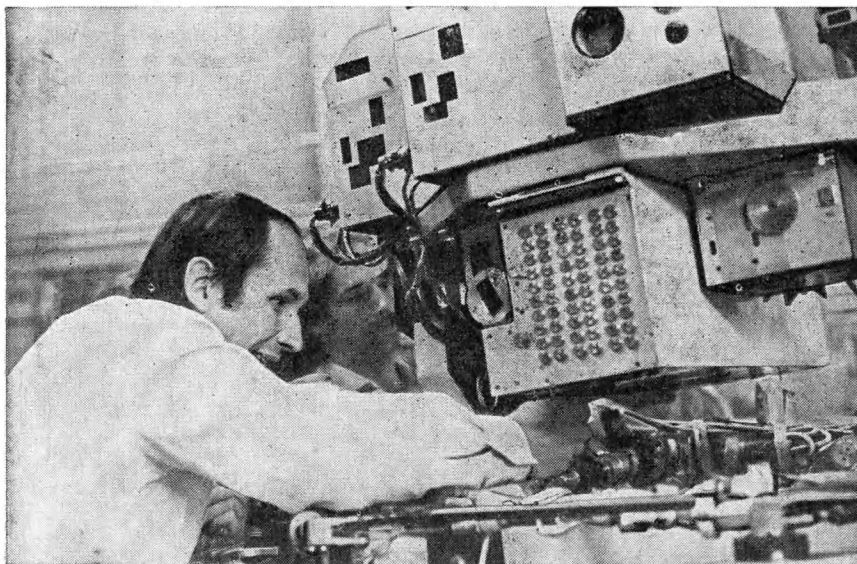
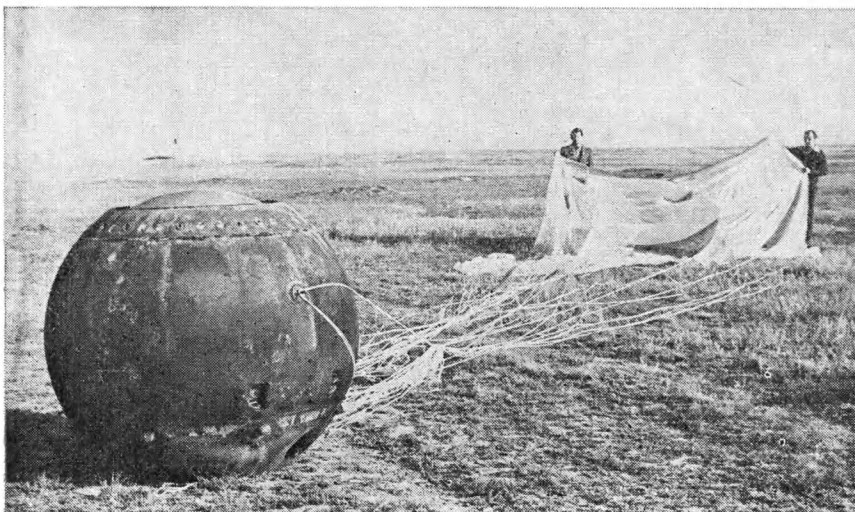
Рентгеновское излучение несет богатую информацию о строении внешней солнечной атмосферы. Так, данные рентгеновских наблюдений позволили исследовать энергетическое ядро самых мощных процессов на Солнце — вспышек, выявили существование на Солнце потоков ускоренных электронов. Актуален вопрос о зарождении вспышек в активных областях, о самых начальных фазах нестационарных процессов на Солнце. Существуют теоретические представления о том, что вспышки — это результат развития и распада токовых слоев в солнечной атмосфере («Земля и Вселенная», 1978, № 3, с. 18—27. — *Ред.*). Обнаружение токовых слоев по их излучению в мягком рентгеновском диапазоне было бы чрезвычайно важно для доказательства их существования на Солнце и для предска-



зания вспышек. Кроме того, изучение распределения высокотемпературной плазмы над активными областями возможно только с использованием данных рентгеновских наблюдений.

■ Доставка геофизической ракеты «Вертикаль-8» к месту старта

■ Старт ракеты «Вертикаль-8»



Запуск «Вертикали-8» прошел успешно. Задачи эксперимента полностью выполнены. Аппаратура была наведена на Солнце с необходимой точностью, ориентация сохра-

■
На месте приземления «Вертикали-8»

■
Станислав Новак (ПНР) извлекает прибор, возвратившийся из полета

нялась в течение всего полета, приборы возвращены на Землю. В мягкой рентгеновской области получены изображения Солнца, на которых видны многочисленные центры активности. Зарегистрирован ряд рентгеновских линий. На борту измерялось также полное излучение в ряде рентгеновских линий. В некоторых линиях за очень короткое время обнаружено изменение потока примерно вдвое. Природа этого интересного явления до конца не ясна и не вытекает из современных представлений о внешней атмосфере Солнца.

Измеренные потоки в жестком участке спектра оказались весьма малы. Это накладывает серьезные ограничения на плотность плазмы и температуру токовых слоев, если они существуют за несколько часов до вспышек. Подробный анализ результатов, полученных на «Вертикали-8», внесет существенный вклад в изучение солнечных рентгеновских активных областей.

Кандидат физико-математических наук
М. А. ЛИВШИЦ

Фото О. КУЗЬМИНА

ПОЛЕЗНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ?

Группа американских ученых, возглавляемая геохимиком-почвоведом Дж. С. Ногглом, недавно закончила исследования, посвященные влиянию содержащейся в воздухе серы на растительность. Известно, что сера увеличивает содержание хлорофилла в растениях и тем самым способствует процессам фотосинтеза и роста.

Работы проводились в парниках без доступа внешнего воздуха (атмосфера в парниках очищалась от серы фильтрами из древесного угля). Для определения количества серы, поглощаемой растительностью из почвы и воздуха под открытым небом, применялся трассирующий радиоактивный изотоп серы-35. Исследования показали, что когда содержание серы в почве уменьшается, растение начинает усиленно поглощать ее из воздуха. Хлопок, люцерна и другие растения, культивируемые в условиях щелочных почв юго-востока США, значительное количество серы берут из воздуха.

Теперь, когда сжигается много ископаемого топлива, содержание серы в атмосфере возросло, причем это совпало с тем, что в почву стали меньше вносить серосодержащих удобрений.

По мнению Дж. С. Ноггла, если усилия по очистке воздуха увенчаются успехом, в долине реки Теннесси, на территории семи штатов США, урожай снизится примерно на 10%. Чтобы восполнить убыль серы из воздуха, здесь понадобится внести в почву удобрений на 7,6 млн. долларов.

Хотя различие между серой, содержащейся в естественном виде в атмосфере и выбрасываемой в качестве промышленных отходов, установить пока не удалось, по-видимому, загрязнение ею воздуха имеет и некоторые положительные аспекты.

«The Science», 1979, 19, 16.



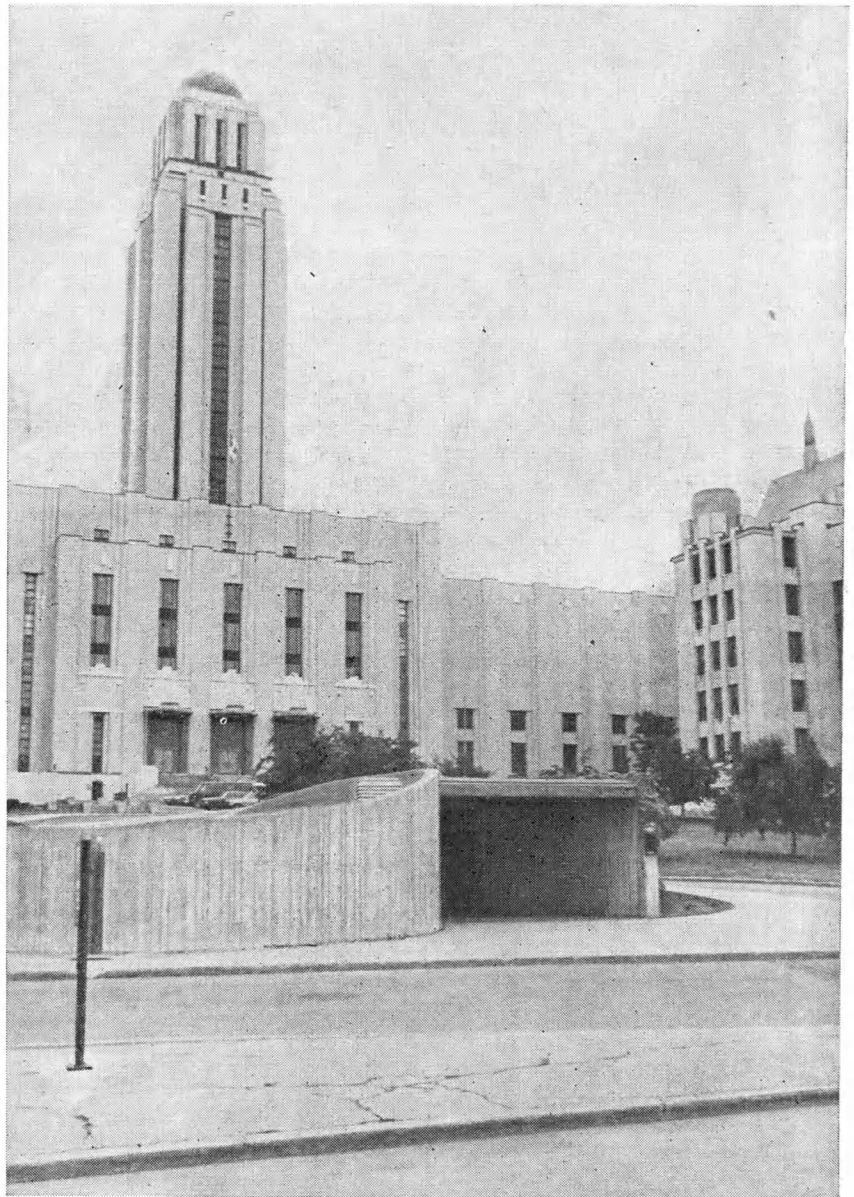
Профессор
В. Г. ГОРБАЦКИЙ

XVII Генеральная ассамблея МАС

Очередной 17-й съезд Международного астрономического союза (МАС) проходил с 14 по 23 августа 1979 года в Монреале. Этот город с более чем трехмиллионным населением неоднократно был местом значительных международных мероприятий: в 1967 году здесь проводилась Всемирная выставка, в 1976 — Олимпиада. Монреаль расположен в провинции Квебек, занимающей северо-восточную часть Канады. Как и во всей этой провинции, в городе живут преимущественно канадцы французского происхождения. В крупнейшем из учебных заведений Монреаля — Монреальском университете состоялось большинство заседаний съезда.

На съезд собрались более 1600 делегатов — членов МАС и несколько сот приглашенных гостей, главным образом активно работающих молодых астрономов. Делегация СССР из 39 человек прибыла в Монреаль 13 августа. Ее возглавлял председатель Астрономического совета АН СССР член-корреспондент АН СССР Э. Р. Мустель.

Съезд открылся утром 14 августа в недавно построенном концертном зале, который находится в центре Монреаля, на площади Искусств. Делегатов приветствовали представитель канадского правительства Г. Андре, мэр Монреаля Ж. Драпо и ректор Монреальского университета Р. Левек. Выступавшие на открытии президент МАС профессор А. Блау и предсе-



■
Главное здание Монреальского университета

датель канадского национального оргкомитета съезда доктор А. Беттен говорили об основных направлениях развития астрономии за последние годы и о задачах, стоящих перед съездом. В перерывах между выступлениями ансамбль «Клод Жервез» исполнял произведения старинной французской и народной канадской музыки. На пленарном заседании были заслушаны отчеты Исполнительного комитета и других органов МАС.

Научные заседания начались 15 августа. Программой съезда предусматривалось восемь объединенных дискуссий по актуальным проблемам астрономии. Каждая из них продолжалась в течение целого дня. Вместе с тем все 40 научных комиссий МАС провели по несколько заседаний, часто совместных, где обсуждались организационные и научные вопросы. Естественно, что никто из участников съезда не смог посетить все или хотя бы большую часть заседаний. Каждому приходилось ограничиваться лишь теми, которые его больше всего интересовали.

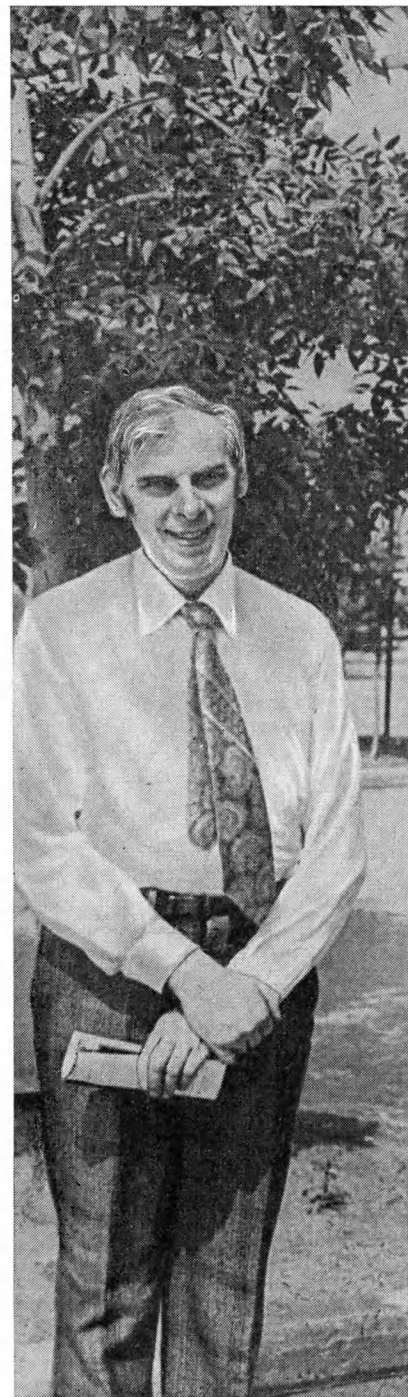
Первая из объединенных дискуссий, посвященная ультрафиолетовой астрономии, собрала около 500 участников. Они ознакомились с результатами спектральных наблюдений звезд различных типов, туманностей и внегалактических объектов в ультрафиолетовой области спектра (1100—1800 Å). Эти наблюдения, проводившиеся бортовой аппаратурой искусственных спутников Земли, позволили уточнить ряд характеристик звезд и туманностей. Доклад об ультрафиолетовом излучении рентгеновских источников сделал Г. Гурский (США), подробно осветивший, в частности, свойства рентгеновских источников в шаровых звездных скоплениях. М. Ситон (Англия) привел интересные данные об ультрафиолетовых эмиссионных линиях в спектрах планетарных туманностей. Присутствие в ультрафиолетовой области спектра звезды линий поглощения было истолковано в докладе Дж. Касинелли (США) как свидетельство того, что эта звезда имеет горячую оболочку. Подобные оболочки образуются благодаря быстрой потере звездами вещества.

Значительную массу звезды теряют в результате звездного ветра—истечения газа с поверхности звезды со скоростью в сотни и даже тысячи километров в секунду.

Проблема звездного ветра всесторонне обсуждалась на объединенной дискуссии «Физика комплекса хромосфера—корона—ветер и потеря массы в звездных атмосферах». Ультрафиолетовые и рентгеновские наблюдения обнаружили потоки газа, текущие от звезды, как у холодных (более поздних спектральных классов, чем Солнце), так и у горячих звезд. У холодных звезд ветер «дует» из нагретой до нескольких миллионов градусов звездной короны. Звезды ранних классов (O, B) вряд ли обладают коронами; вероятно, истечение газа с большой скоростью вызвано давлением излучения—светимости таких звезд очень велики. Хотя в теории звездного и солнечного ветра остается много неясного, имеющиеся наблюдательные данные позволяют считать его важным фактором в эволюции звезд.

Одно из центральных мест на съезде заняло обсуждение данных, полученных космической обсерваторией «Эйнштейн». Основной инструмент этой обсерватории—рентгеновский телескоп, принимающий излучение в интервале 0,4—5 кэВ. По чувствительности телескоп в 1000 раз превосходит ранее использовавшиеся, он фиксирует положение источника с точностью до 2". С помощью этого телескопа, установленного на борту искусственного спутника Земли HEAO-B («Земля и Вселенная», 1979, № 4, с. 55.—Ред.) удается получать фотоснимки источников рентгеновского излучения и их спектры. Звездные короны испускают мощное рентгеновское излучение. На заседаниях были продемонстрированы рентгеновские спектры Капеллы и других звезд, свидетельствующие об очень высокой температуре их корон. Так, у звезды UX Овна она достигает $12 \cdot 10^6$ К.

Тесным двойным системам, многие из которых являются рентгеновскими источниками, на данном съезде, как и на предыдущем («Земля и Вселенная», 1977, № 1, с. 50—57.—Ред.), было уделено много внимания. Осо-



Председатель Канадского национального оргкомитета XVII Генеральной ассамблеи МАС доктор А. Беттен

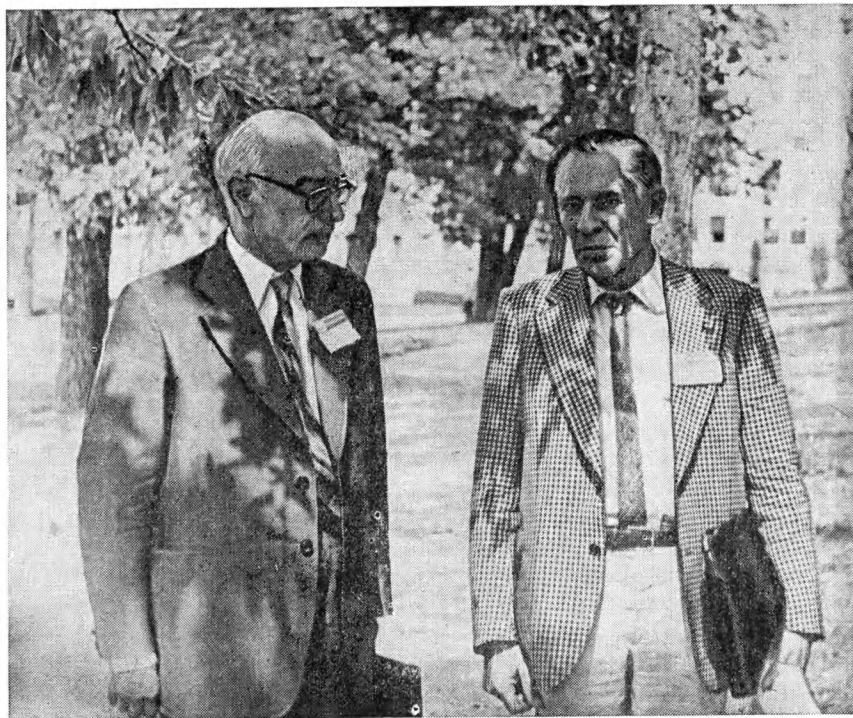
бенно интересными оказались сообщения о результатах исследования звезд типа ВУ Дракона и RS Гончих Псов. Тем и другим свойственна активность такого же характера, как солнечная. Однако степень активности этих звезд гораздо выше солнечной. Например, у ВУ Дракона пятна занимают столь большую площадь, что существенно влияют на ее видимый блеск. Рентгеновское излучение RS Гончих Псов исходит из очень горячей (температура около $30 \cdot 10^6$ К) магнитных петель, размеры которых сравнимы с радиусом звезды. Б. Бопп и Дж. Свонк (США) отметили тесную связь между активностью этих звезд и их вращением. По-видимому, все звезды с такими особенностями быстро вращаются.

Вопросы, связанные с вращением звезд, всегда были важными для астрофизиков. Они обсуждались на совместном заседании нескольких комиссий МАС. Дж. Хатчингс (Канада) сообщил новые данные о вращении звезд типа Ве, полученные из наблюдений ультрафиолетовой области спектра. М. Плавец (США) в докладе о тесных двойных системах сделал вывод о том, что вращение в системах, состоящих из звезд ранних спектральных классов, большей частью синхронное, то есть период вращения вокруг оси равен периоду обращения по орбите.

Интерес к необычному объекту SS 433 оказался настолько велик, что заседание, посвященное обсуждению его природы, пришлось перенести в самую большую аудиторию. Дискуссия продолжалась и на следующий день. В спектре этого объекта происходит периодическое (через 164 дня) смещение линий с небывалой до сих

■
Вице-президент МАС член-корреспондент АН СССР Е. К. Харадзе (слева) и доктор Т. Ледерле (ФРГ)

■
Вице-президент Комиссии 19 (вращение Земли) директор Главной астрономической обсерватории АН УССР Я. С. Яцкив (слева) и заместитель директора Одесской астрономической обсерватории Ю. С. Романов



пор амплитудой, составляющей около трети скорости света. Хотя со времени открытия SS 433 прошло менее года, уже накопилось огромное количество наблюдательных данных, которые трудно свести в цельную картину явления. Выказано предположение, что SS 433 — тесная двойная система, содержащая нейтронную звезду и находящаяся в режиме сверхкритической аккреции. Это означает, что вещество, истекающее со спутника, попадает на дискообразную оболочку нейтронной звезды и отбрасывается от нее, образуя две струи. Кроме того, направление выброса струи прецессирует с периодом 164 дня. Интересная модель объекта SS 433 была представлена членом-корреспондентом АН СССР И. С. Шкловским («Земля и Вселенная», 1980, № 1, с. 22—23.—Ред.). Дело будущего — определить, в какой мере эта и другие модели способны объяснить все свойства SS 433.

На заседаниях Комиссии 47 (космология) обсуждались проблемы строения и эволюции Вселенной в целом. Один из основных источников информации в космологии — реликтовое электромагнитное излучение Вселенной («Земля и Вселенная», 1979, № 6, с. 45—49.—Ред.). Р. Девис (США) сообщил о новых попытках обнаружить анизотропию реликтового излучения в масштабах порядка нескольких градусов. Измерения дали отрицательный результат: не существует флуктуаций излучения с точностью до 0,01%. Не удалось найти каких-либо флуктуаций в более мелком масштабе (вплоть до минут дуги), как это следует из работ члена-корреспондента АН СССР Ю. Н. Парийского, также доложенных на съезде.

Дж. Эйбл (США) в своем выступлении привел новые данные измерений движения Солнца и Галактики относительно реликтового излучения. Согласно этим измерениям, выполненным группами исследователей, которые возглавляют Г. Смут и Д. Вилкинсон (США), Галактика движется по направлению к скоплению галактик в созвездии Девы со скоростью около 520 км/с.

И. Д. Новиков (СССР) рассказал,

какая информация о строении Вселенной может быть получена из измерений крупномасштабных неоднородностей реликтового излучения. Обсуждались также новые данные о распространении легких элементов во Вселенной. Эти данные помогают оценить общую среднюю плотность вещества во Вселенной. По-видимому, средняя плотность заметно меньше критической, и, следовательно, Вселенная будет неограниченно расширяться.

На нескольких предыдущих съездах МАС значительное место занимало обсуждение вопросов, связанных с активностью ядер галактик. Не явился исключением и съезд в Монреале. На объединенной дискуссии, посвященной этой проблеме, Р. Гриффит, М. Элвис (США) сообщили о результатах наблюдений ядер галактик, выполненных с борта космической обсерватории «Эйнштейн». В частности, были зарегистрированы быстрые (порядка суток) изменения потока рентгеновского излучения от некоторых активных галактик. Особый интерес вызвали данные об ультрафиолетовом и рентгеновском излучении сейфертовских галактик, характеризующихся высокой активностью центральных областей, которая выражается в быстрых хаотических движениях огромных масс газа.

Проблема генерации энергии в активных ядрах представляет, пожалуй, одну из самых жгучих загадок астрофизики. Из доклада Ф. Пачини (Италия), рассмотревшего различные гипотезы о природе центрального источника энергии, следовало, что ни одна из них не объясняет совокупности наблюдаемых фактов. Не менее загадочна природа очень протяженных (иногда на миллионы световых лет) выбросов из галактик, излучающих не только в радио-, но и в оптическом диапазоне спектра. П. Шеуер (Англия) привел много фактов, свидетельствующих об излучении этих выбросов, но к каким-либо определенным выводам об их природе он не пришел.

Взаимодействие галактик с межгалактической средой обсуждалось на объединенной дискуссии «Очень горячая плазма в околозвездной, меж-



звездной и межгалактической среде». Там рассматривалось и современное состояние наших знаний о структуре внешних слоев Солнца (прежде всего, переходного слоя между хромосферой и короной), природе хромосферных вспышек и влиянии солнечной активности на межпланетную среду. Физике Солнца была посвящена еще одна объединенная дискуссия «Крупномасштабные поля скоростей на Солнце».

Обширная программа объединенной дискуссии «Звездные неустойчивости» состояла из 30 докладов, в которых рассматривались колебания звезд. Речь шла не только о пульсирующих звездах (цефеиды, звезды типа RR Лиры и т. п.), но и о считающихся нормальными, например, о Солнце. Как известно, колебания Солнца с периодом 2 часа 40 минут

■
Новый президент МАС профессор М. Банну



были обнаружены советскими астрономами — сотрудниками Крымской астрофизической обсерватории АН СССР («Земля и Вселенная», 1977, № 6, с. 36—39.— Ред.).

Участники объединенной дискуссии «Исследование солнечной системы» представили большое количество новых данных, полученных автоматическими космическими станциями, о физическом состоянии планет и других тел Солнечной системы. Особый интерес вызвали доклады о проведенных в СССР исследованиях планеты Венера и в США — исследованиях планеты Юпитер и его спутников. Были показаны снимки, сделанные во время пролета космических станций «Вояджер-1 и -2» около Юпитера.

Обсуждение проблемы «Поиски жизни во Вселенной», продолжавшееся целый день, привлекло множество участников. Дискуссия не привела к оптимистическим выводам. За последние 20 лет новых данных, кото-

■ *Центральная часть галактики М 31 в мягких рентгеновских лучах. Снимок получен с экрана ЭВМ по данным рентгеновского спутника HEAO-B. На снимке видно около 20 дискретных источников рентгеновского излучения, всего же в М 31 обнаружено около 70 источников со светимостью больше $2 \cdot 10^{37}$ эрг/с. Пространственное разрешение на снимке 10—20''*

рые могли бы свидетельствовать о существовании жизни вне Земли, не получено.

Из далеко не полного перечня обсуждавшихся на съезде проблем можно представить себе огромную роль новых методов наблюдений. Вопрос о том, какие средства наблюдений будут в распоряжении астрономов в 80-е годы, занимал очень многих участников съезда. Они с интересом прослушали доклады о предстоящих запусках в космос больших телескопов, предназначенных для наблюдений в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра. Одновременно обсуждались планы строительства крупных многозеркальных телескопов. Как констатировал быв-

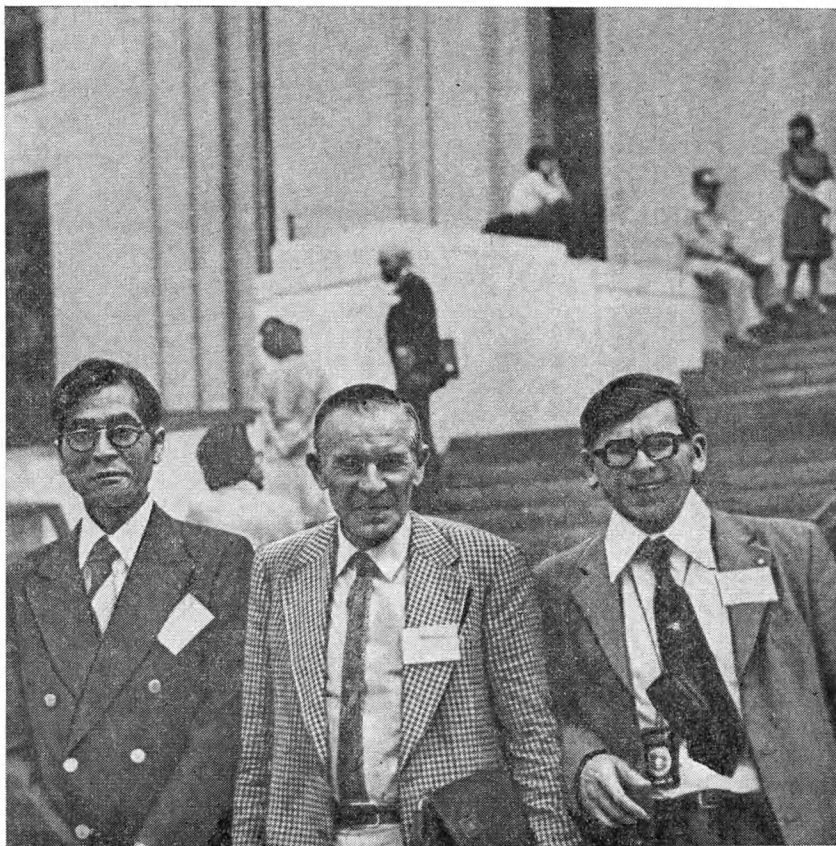
ший президент МАС Л. Голдберг, сейчас заканчивается период исследований, связанный с установкой астрономических инструментов на искусственных спутниках Земли, и вскоре основные наблюдения будут проводиться с космических аппаратов.

Совместное заседание комиссий по астрометрии и небесной механике было посвящено составлению нового фундаментального каталога звезд (FKS). На заседаниях комиссий рассматривались также различные аспекты исследований Солнца и малых тел Солнечной системы — астероидов, комет и метеоритов.

Традицией для съездов МАС стало приглашение видных ученых для чтения обзорных лекций. На этом съезде лауреат Нобелевской премии канадский спектроскопист Г. Герцберг выступил с лекцией «Взаимодействие молекулярной спектроскопии и астрономии», известный американский астрофизик С. Чандрасекар — с лекцией «Роль общей теории относительности в астрономии», польский астроном Б. Пачинский — с лекцией «Звездная эволюция и тесные двойные». Лекции читались по вечерам в зале отеля «Королева Елизавета», расположенного в центре Монреаля. Несмотря на удаленность отеля от Монреальского университета, на лекции собиралось много слушателей, так что к ее началу в зале не оставалось свободных мест.

В помещении «Павильона 3200» Монреальского университета в дни съезда были развернуты хорошо оформленные выставки. Они позволили ознакомиться с постановкой астрономических исследований в Канаде. Научную работу по астрофизике в этой стране возглавляет Герцберговский институт астрофизики, созданный в 1975 году. В его составе несколько обсерваторий, в том числе хорошо известная обсерватория Виктория на западе Канады. В восточной части страны крупных обсерваторий нет. Делегаты съезда (далеко не все) смогли посетить лишь находящуюся рядом с Монреалем обсерваторию Мегантик, в которой ведется в основном учебная работа.

Надо сказать, что ни Монреальский университет, ни второй по величине



университет Мак-Гилл не готовят специалистов по астрономии. Здесь читаются лишь общие курсы астрономии и астрофизики. Автор этой статьи вместе с другими делегатами, представлявшими на съезде Министерство высшего и среднего специального образования СССР, посетил университет Мак-Гилл. Как и другие канадские университеты, Мак-Гилл представляет собой объединение различных вузов. Зачислению в университет, где трехгодичный срок обучения, предшествует двухгодичное обучение в колледже при университете, в

который поступают после окончания средней школы.

В последний день съезда на пленарном заседании были утверждены резолюции, новый состав Исполнительного комитета и президенты комиссий. Президентом МАС на следующий срок избран индийский астрофизик М. Баппу. Одним из вице-президентов остался советский астроном член-корреспондент АН СССР Е. К. Харадзе. Из советских астрономов президентом Комиссии 33 (структура и динамика Галактики) стал Г. Г. Кузьмин, вице-президентами комиссий выбраны К. Т. Таващерна (Комиссия 8 — позиционная астрономия), Б. Ю. Левин (Комиссия 15 — физика комет, малых планет и метеоритов), В. Г. Тейфель (Комиссия 16 — планеты и спутники), Я. С. Яцкив (Комиссия 19 — вращение Земли), О. И. Белькович (Комиссия 22 — метеоры, межпланетная пыль), В. Л. Страйжис (Комиссия 45 — спектральная классификация).

■ Слева направо: президент Комиссии 4 (эфемериды) доктор А. Синзи (Япония), вице-президент этой комиссии доктор Т. Ледерле (ФРГ) и экс-президент комиссии доктор физико-математических наук В. К. Абалякин



С. О. КУЗЬМИН

Конференция молодых радиоастрономов

Несколько слов об организации съезда. Как правило, представленные на съезд доклады не публиковались, а осмыслить в деталях предлагавшийся устно и в большом количестве новый материал оказывалось трудно. Поэтому особенно важны были личные контакты участников, многие вопросы обсуждались не на заседаниях, а в перерывах между ними. В таких контактах, по-видимому, и заключается ценность подобных многолюдных собраний. Участники съезда, которые не смогли лично присутствовать на большинстве заседаний, получали информацию о ходе съезда из ежедневной газеты «Метеор». Там не только освещались основные результаты объединенных дискуссий и заседаний комиссий, но сообщалось также много интересных сведений об организации астрономических исследований в Канаде, о Монреале и его учебных заведениях.

После окончания работы съезда небольшая группа советских делегатов совершила поездку по Канаде и осмотрела Ниагарский водопад. Посещение Оттавы, Торонто — городов, сильно отличающихся от Монреаля, позволило получить более полное представление о стране.

Фото Э. В. Кононовича
В. К. Абалакина
Ю. С. Романова

Несколько дней в августе 1979 года на Радиоастрономической станции Физического института имени П. Н. Лебедева АН СССР в городе Пущино развевались флаги десяти стран. Девяносто делегатов 35 научных учреждений Советского Союза, Англии, ГДР, Италии, Нидерландов, Польши, Франции, ФРГ, Чехословакии и Швеции собрались здесь на XII конференцию молодых европейских радиоастрономов. Организаторы конференции — Физический институт АН СССР, Научный совет по проблеме «Радиоастрономия» АН СССР, Научный центр биологических исследований АН СССР.

Около полутора десятилетий назад группа видных радиоастрономов Западной Европы во главе с профессором Ван дер Лааном (Нидерланды) заметила, что молодые европейские ученые слабее контактируют между собой, чем их коллеги в США. «Ветераны» считали, что уже на самых ранних этапах своей карьеры молодые специалисты должны активно участвовать в международных конференциях, приобретать опыт работы в других институтах, налаживать сотрудничество. «Ветераны» и помогли организовать первую конференцию молодых радиоастрономов в 1968 году в Медонской обсерватории (Франция). С тех пор конференции ежегодно проходят в одном из европейских городов, где есть радиоастрономический институт. Советские радиоастрономы участвуют в конференциях с 1976 года. И вот спустя три года Пущино встречало гостей...

В большей части научных сообщений, заслушанных на конференции,

содержались результаты последних наблюдений, которые проводились на радиотелескопах европейских стран, США, Индии и Австралии.

Слово «впервые» часто звучало в докладах и дискуссиях. Занимаясь поиском аммиака в линии 1,3 см на Боннском радиотелескопе в Эйфельсберге, Р. Мартин (ФРГ) обнаружил его в трех галактиках. Это — первое сообщение о наблюдении аммиака в других галактиках. Об открытии линии азота с длиной волны 11,5 см советскими учеными из Института радиотехники и электроники АН УССР рассказал А. А. Коноваленко. Впервые радиоастрономическими методами зарегистрирован азот — важнейший компонент галактической материи. Согласно измерениям, содержание азота оказывается на порядок больше, чем при оценке косвенными методами. Интересно отметить, что обнаруженная радиолиния — самая длинноволновая из наблюдавшихся радиоастрономами.

Совсем на другом «краю» радиоспектра находятся субмиллиметровые линии молекул CO, HCN, CH₃OH. Они лежат в окне прозрачности вблизи длины волны 350 мкм и, следовательно, их можно наблюдать с Земли. Эти линии еще не обнаружены, но перспективам их поиска и изучения был посвящен доклад В. Д. Громова (СССР).

Неожиданный результат получили сотрудники Научно-исследовательского радиофизического института в городе Горьком. М. И. Агафонов сообщил, что на частоте 102 МГц поток радиоизлучения от Кассиопеи А — ослепительная вспышка Сверхновой 1572 го-

да — перестал уменьшаться, как это следует из общепринятого механизма происходящих в остатке вспышки сверхновой процессов, и даже, возможно начал... увеличиваться.

Интересной была информация о вступивших недавно в строй радиотелескопах в Кембридже (А. Пурвис, Англия) и Медоне (Франция), радиометре в Онсала (Г. Олофссон, Швеция), интерферометре Крым—Пушино (Э. А. Дибай, СССР), о строящемся многоэлементном радиотелескопе с угловым разрешением в несколько десятков миллисекунд дуги в Джодрелл Бенк (Я. Морисон, Англия) и, особенно, о самолетном телескопе субмиллиметрового и инфракрасного диапазонов (Я. Нурдэм, Нидерланды). Планируется установить два одинаковых радиотелескопа диаметром 1,5 м в хвостовой и носовой частях самолета «Боинг-737», платформы которых будут стабилизироваться в пространстве с помощью лазерного луча.

Перспективе создания европейской сети радиотелескопов посвятил свое выступление Ван Арден (Нидерланды). В нее должны войти радиотелескопы Европы, работающие в сантиметровом диапазоне волн,— Джодрелл Бенк,

Кембридж и Апплетон (Англия), Двингелоо и Вестерборк (Нидерланды), Онсала (Швеция), Хельсинки (Финляндия), Болонья (Италия), Крым (СССР). В работе будут использоваться искусственные спутники Земли серии «Космос» и спутники НАСА. Первые эксперименты предполагается провести в 1980 году.

Оживленно обсуждались принципиальные и технические вопросы построения такой сети, методы восстановления и обработки информации. Большие возможности новых методов обработки сигналов продемонстрировал У. Штут (ФРГ). Используя специальную технику «вычитания мощных источников» для исследования их ближайшего окружения, только в окрестностях ЗС 48 он выделил 133 (!) радиоисточника, которые располагаются от ЗС 48 на расстоянии 0,1—1°.

В докладах были представлены результаты исследований пульсаров. Сообщалось об открытии на Радиоастрономической станции Физического института АН СССР радиогало вокруг пульсаров 0950+08 и 2217+47 и о новой гипотезе В. А. Чернобая (СССР), объясняющей когерентный механизм радиоизлучения пульсаров.

Во время работы конференции ярко проявились основные тенденции развития радиоастрономических исследований: творческое объединение коллективов ученых разных стран для решения одной задачи — исследования источника или группы источников, изучения одного объекта различными методами (гамма-, рентгеновская, оптическая, радиоастрономия) с использованием как наземных, так и космических средств; повышение интереса к внегалактической и солнечной радиоастрономии; создание систем апертурного синтеза («Земля и Вселенная», 1975, № 5, с. 56—61.— Ред.).

За неделю работы конференции установились новые и укрепилась существующие научные связи между молодыми учеными разных стран. Более конкретными стали перспективы совместных исследований в области спектральной радиоастрономии, которые будут проводиться Академией наук СССР и Научно-исследовательским обществом Макса Планка (ФРГ), или в области исследования Солнца Академией наук СССР и Академией наук ГДР.

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВЕНЕРЫ

В начале 60-х годов, в связи с полетами первых автоматических межпланетных станций (АМС), возникла острая необходимость в уточнении астрономической единицы длины. При полетах к планетам неопределенность, с какой была известна астрономическая единица (50—70 тыс. км), могла привести к промаху в несколько планетных радиусов.

В 1961 году по результатам первой успешной радиолокации Венеры, выполненной в СССР под руководством академика В. А. Котельникова, значение астрономической единицы было уточнено более чем в 100 раз. Последующие радиолокационные наблюдения Венеры позволили определить астрономическую единицу с точностью до нескольких километров («Земля и Вселенная», 1967, № 2, с. 39—42; № 3, с. 24—29.— Ред.). С 1969 года при расчетах орбит планет и АМС принималась $1 \text{ а.е.} = 149\,597\,890 \text{ км}$.

В то же время радиолокационные наблюдения показали, что и после уточнения астрономической единицы длины остаются значительные расхождения (несколько сот километров!) между измеренными расстояниями до планет и расстояниями, вычисленными на основе классических теорий движения планет. Поэтому во время каждого полета АМС приходилось радиотехническими методами определять положение станции и проводить радиолокационные измерения, чтобы уточнить положение планеты. При полете АМС к Венере радиолокационные наблюдения планеты велись 2-3 месяца (вблизи нижних соединений), в течение которых выполнялось по несколько сот сеансов измерений. В 1978 году точность определения расстояний до ближайших к Земле участков поверхности Венеры была доведена до 300 м.

В результате систематических радиолокационных наблюдений Венеры в 1962—1977 годах был накоплен обширный материал, на основе которого сотрудники Института радиотехники и электроники АН СССР

вместе с сотрудниками других организаций создали численную теорию движения Венеры и Земли. Эта теория дает прогноз взаимного положения планет на ближайшие годы в 100 раз точнее, чем классические теории. При построении численной теории, наряду с радиолокационными измерениями, выполненными в СССР, использовались результаты радиолокационных наблюдений Венеры в США, оптические измерения угловых координат Венеры и Солнца в Николаевской обсерватории АН СССР и Морской обсерватории США, радиотехнические измерения дальностей искусственных спутников «Венера-9 и -10» в 1975 году. Теперь известны с большей точностью 12 элементов орбит Венеры и центра масс системы Земля—Луна, а также величины астрономической единицы ($149\,597\,888,9 \pm 0,7 \text{ км}$) и радиуса Венеры ($6052,3 \pm 0,3 \text{ км}$).

С октября по декабрь 1978 года в Институте радиотехники и электроники АН СССР и ряде других организаций проводились радиолокационные наблюдения Венеры для обеспечения полетов АМС «Вене-

ра-11 и -12». Измеренные расстояния до Венеры отличаются от значений, полученных на основе численной теории, не более чем на 6 км, а от расстояний, вычисленных на основе классической теории, на 500 км.

В декабре 1978 года с помощью наземного радиотехнического дальномера были измерены расстояния до орбитальных аппаратов «Венера-11 и -12» в районах их максимального сближения с Венерой. Эти измерения позволили выполнить косвенную проверку теорий движения Земли и Венеры. Отклонения измеренных расстояний до АМС от расчетных значений, полученных на основе численной и классической теорий движения Земли и Венеры, оказались, соответственно, 3 и 500 км. Вероятно, для обеспечения полетов АМС к Венере целесообразно вместе классических теорий движения Земли и Венеры применять теории, основанные на радиолокационных измерениях.

«Астрономический журнал», 1980, 57, 1.

МАССИВНЫЙ ОБЪЕКТ В ЯДРЕ ГАЛАКТИКИ?

Ядро нашей Галактики, как и большинства других галактик, не проявляет признаков высокой активности. Такие ядра принято называть нормальными. Но и в них происходят процессы, причины которых до сих пор не поняты. Радионаблюдения нейтрального водорода в направлении ядра Галактики свидетельствуют о том, что потоки газа со скоростью около 100 км/с движутся наружу из галактического центра.

Известно, что свет из ядра Галактики не может «пробиться» к нам сквозь плотные слои космической пыли. Излучение водорода с длиной волны 21 см также поглощается в толще межзвездного газа, расположенного между ядром Галактики и Солнцем. Наблюдения галактического ядра ведутся в линиях инфракрасного излучения, которое ослабляется космической пылью всего в несколько раз, и в радиорекомбинационных линиях водорода. Излучение в этих линиях, образующееся при переходах электронов между двумя сильно возбужденными уровнями атома, практически не поглощается в межзвездной среде.

Инфракрасные наблюдения галактического центра выполнила недавно группа астрономов под руководством Ч. Таунса (США). Одновременно излучение ядра Галактики наблюдали в радиорекомбинацион-

ных линиях Л. Родригес (Мексика) и Э. Чайсон (США). По ширине радиорекомбинационных линий излучения водорода и смещению узкой инфракрасной линии ионизованного неона были измерены лучевые скорости движения отдельных облаков газа (размер около 0,25 пс) вблизи центра Галактики. Оказалось, что с приближением к центру скорость облаков возрастает: на расстоянии 2 пс от центра она составляет примерно 150 км/с, на расстоянии 0,4 пс — 300 км/с.

Предположив, что облака движутся по стационарным орбитам в поле тяготения галактического ядра, можно определить массу самого ядра. Масса рассчитывается точно так же, как определяется масса Земли, если известна скорость движения спутника по орбите: $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, где M — масса Земли, G — гравитационная постоянная, v — скорость движения спутника, R — радиус его орбиты. Масса центральной области ядра диаметром в 1 пс равна $8 \cdot 10^6$ солнечных. При этом полная масса горячего межзвездного газа не превышает нескольких десятков солнечных масс. В какой форме находится остальное вещество, средняя плотность которого в этой области в 10^8 раз больше средней плотности вещества в диске Галактики?

Возможно, это — обычные звезды, и тогда они должны сравнительно часто (раз в 1000 лет) сталкиваться друг с другом. В результате случайных столкновений звезд и могли появиться облака газа. На такую возможность, кстати, указывает неожиданно высокая скорость хаотического движения газа внутри облаков (около 100 км/с). Если масса облаков равняется нескольким солнечным, они должны менее чем за 1000 лет рассеяться в окружающем пространстве. Если же облака долгоживущие, то полная масса (газ и звезды) каждого облака должна быть не менее 10^5 солнечных, иначе газ их покинет.

Высказано предположение, что основная масса галактического ядра заключена не в обычных звездах, а в сверхмассивной черной дыре. Черная дыра массой порядка $5 \cdot 10^6$ солнечных будет притягивать к себе звезды и газ, в результате чего и возникает наблюдаемое увеличение скорости движения газовых облаков по мере их приближения к центру Галактики. Но роль черной дыры этим не ограничивается. Те из звезд, которые приблизятся к черной дыре на расстояние в несколько астрономических единиц, будут разорваны приливными гравитационными силами («Земля и Вселенная», 1978, № 4, с. 22—27. — *Ред.*), и образовавшийся

при этом газ частично поглотится черной дырой, а частично будет выброшен из ядра Галактики с большой скоростью.

Итак, что же скрыто в ядре Галактики?

В. Г. СУРДИН

ВРЕМЕННЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ

На рентгеновском небе изредка появляются, а затем медленно исчезают источники, которые получили название временных (или рентгеновских Новых). За 15 лет развития рентгеновской астрономии накоплено уже довольно много сведений об этих необычных объектах. Сотрудники Шемахинской астрофизической обсерватории АН АзербССР П. Р. Амнуэль и О. Х. Гусейнов собрали все данные о 41 временном источнике и попробовали разобраться в том, что общего у этих объектов и какова природа вспышек.

Оказалось, что временные источники делятся на два класса. Источники первого класса обладают жестким рентгеновским спектром и отождествляются с эмиссионными звездами типа Ве. У источников второго класса мягкий рентгеновский спектр, и они связаны с немассивными звездами — красными карликами. Эти источники ярче первых и наблюдаются на большем расстоянии. Временные источники и распределены по-разному: «жесткие» источники концентрируются к плоскости Галактики, в то время как «мягкие» встречаются в 500 пс от этой плоскости.

По мнению П. Р. Амнуэля и О. Х. Гусейнова, вспышки «мягких» источников аналогичны вспышкам карликовых Новых звезд типа U Близнецов. Разница в том, что системы типа U Близнецов содержат красный и белый карлики, а временные рентгеновские источники — красный карлик и нейтронную звезду, движущуюся по сильно вытянутой орбите. «Жесткие» источники — тоже двойные системы, одна из звезд имеет класс Ве, другая — нейтронная, а орбитальный период больше 20 дней. Причина вспышки здесь кроется в особенностях аккреции звездного ветра, который в системах с Ве-звездами обладает малыми скоростями движения — около 100 км/с. Плазма ветра накапливается около нейтронной звезды, а когда она неожиданно оседает на поверхность звезды, происходит вспышка.

«Astrophysics and Space Science», 1979, 63, 1.



ЭКСПЕДИЦИИ

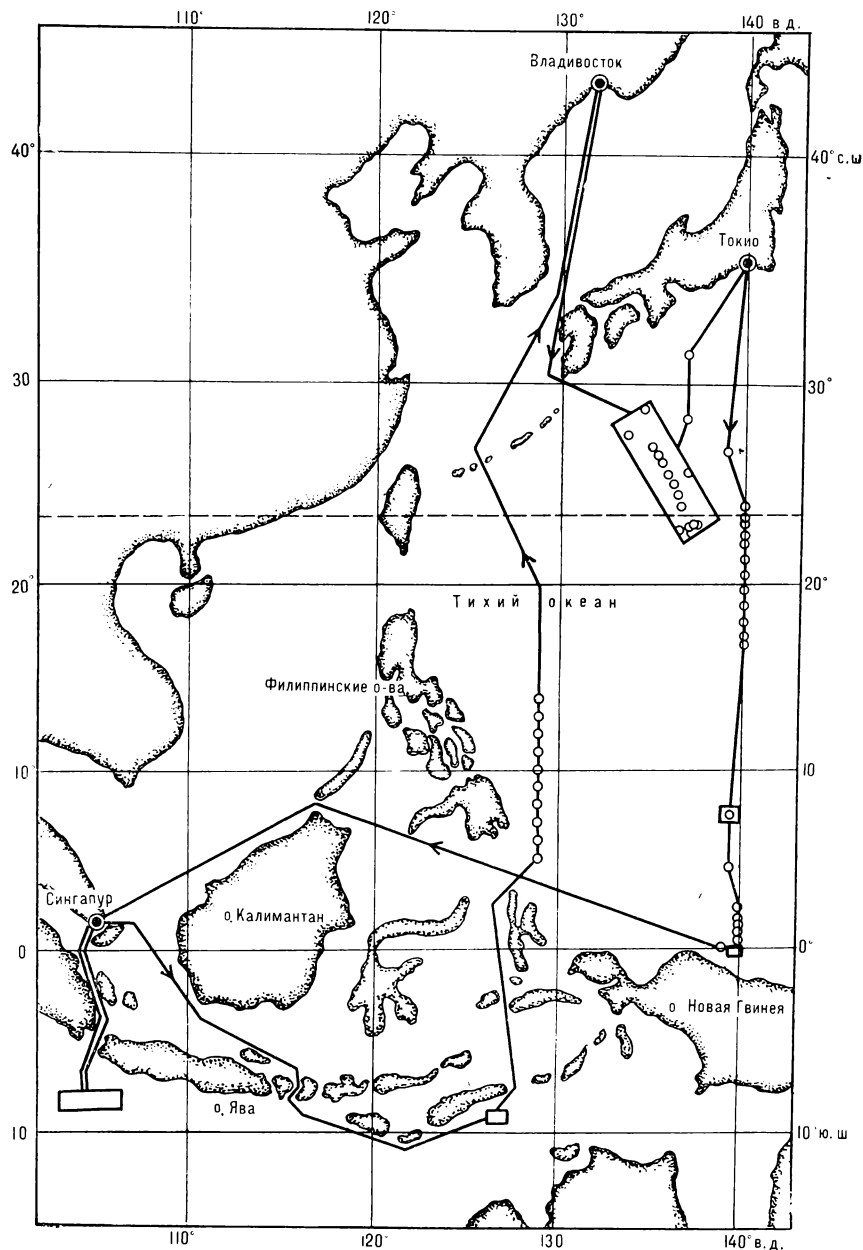
Профессор
Р. В. ОЗМИДОВ

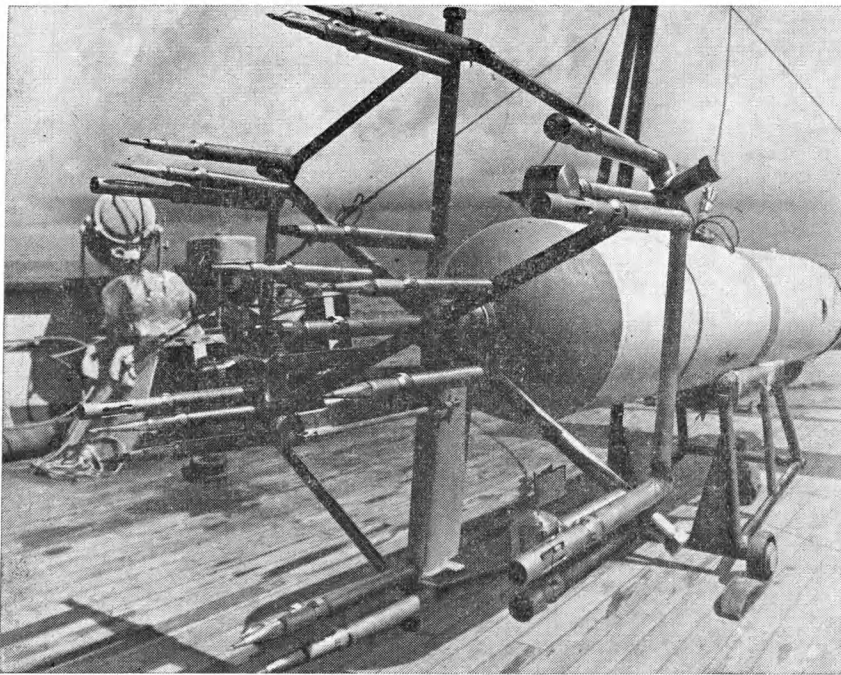
22-й рейс «Дмитрия Менделеева»

Исследованию турбулентных движений в океане и мелкомасштабной структуры гидрофизических полей неоднократно посвящались рейсы научно-исследовательских судов Института океанологии АН СССР. Но явления эти очень сложны и пока до конца не поняты, а без их понимания невозможно решить многие прикладные задачи океанологии. Действительно, благодаря хаотическим турбулентным движениям в толще океана переносятся тепло, кислород, соли азота, фосфора и других естественных веществ, а также искусственно вносимых в океан примесей. Таким образом, прогноз термического состояния океана, биологической продуктивности отдельных его районов, выработка рекомендаций по борьбе с загрязнением океана невозможно без учета турбулентного обмена водных масс и тонкой структуры гидрофизических полей. Турбулентность ответственна и за рассеяние в океане звуковых волн, она ослабляет силу акустических сигналов и ограничивает районы их слышимости.

Для всестороннего исследования океанской турбулентности необходимы длительные и по возможности непрерывные ряды наблюдений. Но со времени предыдущего 19-го специализированного рейса «Дмитрия Менделеева» («Земля и Вселенная», 1978, № 5, с. 62—67.—Ред.) до начала следующего подобного рейса прошло больше года. И хотя полученные в

■
Схема маршрута «Дмитрия Менделеева» в 22-м рейсе. Прямоугольники — полигоны, кружки — станции, где проводились измерения





19-м рейсе результаты позволили ответить на многие вопросы, естественно, возникли и новые проблемы.

Основными задачами 22-го рейса «Дмитрия Менделеева», начавшегося в конце декабря 1978 года, было установить причины зарождения турбулентных движений в толще океана, их связь с внутренними волнами, взаимодействие турбулентности и внутренних волн с тонкой структурой полей.

АППАРАТУРА И МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ

В каждой экспедиции океанологи стремятся испытать и использовать новую измерительную технику. Были новинки среди приборов и в 22-м рейсе. Так, система «Суперзонд», разработанная и изготовленная Опытно-конструкторским бюро океанологической техники Института океанологии АН СССР, имела 12 датчиков пульсационных сигналов с частотой опроса до 2000 Гц, 13 измерителей тонкоструктурных особенностей полей температуры, электропроводности и скорости течений, а также измерители глубины, вибраций и параметров движения носителя прибора. Работа си-

стемы в режиме зондирования, буксировки за судном или сканирования по заданной траектории давала возможность исследовать пространственно-временную структуру полей от миллисекунд и миллиметров до десятков минут и сотен метров.

Мелкомасштабную турбулентность и тонкую структуру полей изучали с помощью портативного микроструктурного зонда. Измерения проводились в режиме свободного падения, что, конечно, уменьшило помехи, вызванные качкой судна и вибрацией кабеля.

Сведения о тонкой структуре поля плотности воды давал новый прибор — лазерный интерферометр, также разработанный в Институте океанологии. Он измеряет относительный сдвиг интерференционных полос, обусловленный изменением показателя преломления морской воды. А поскольку показатель преломления — это почти линейная функция плотности воды, то данные прибора можно интерпретировать как регистрацию изменчивости плотности воды. Точность из-

■
Измерительная система «Суперзонд» с системой пульсационных датчиков на борту «Дмитрия Менделеева»

мерения плотности этим прибором оказалась довольно высокой — 10^{-5} г/см³.

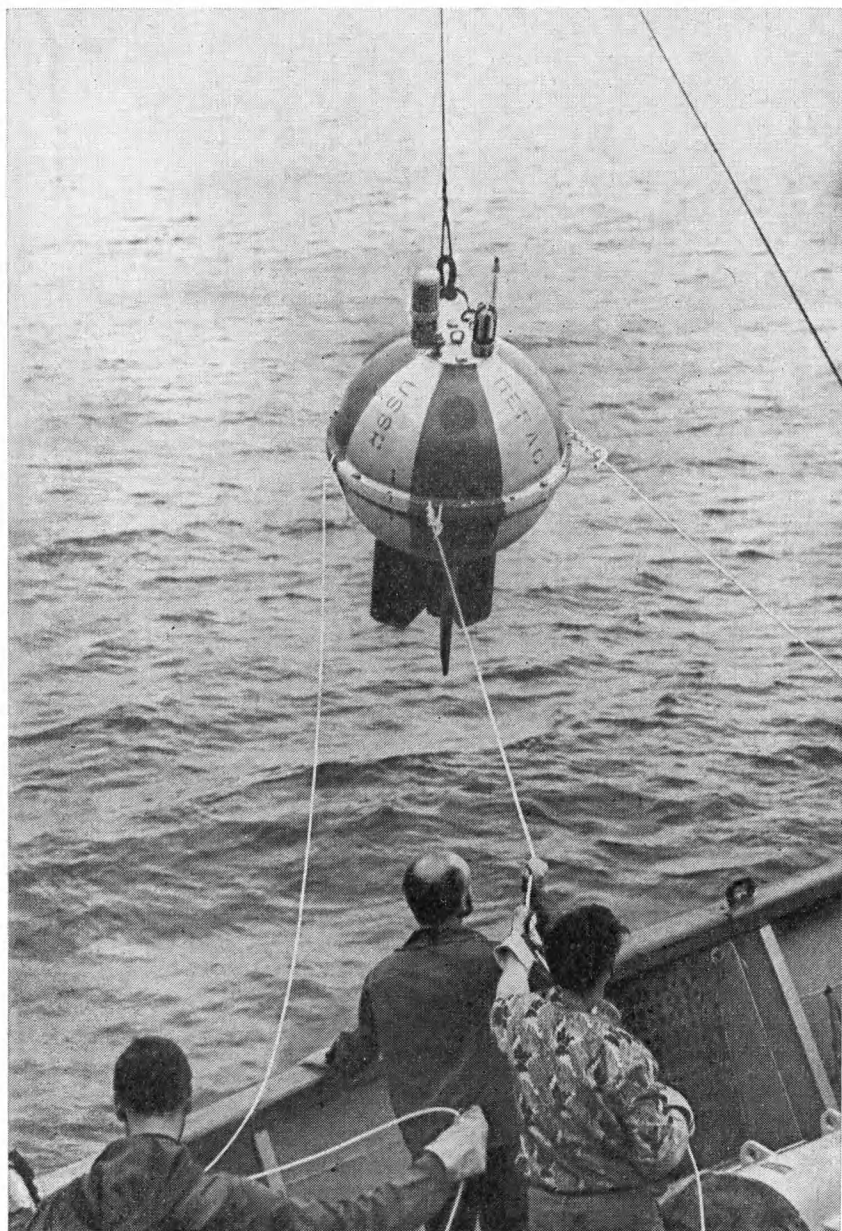
Впервые в рейсе стабильно функционировал акустический измерительный комплекс, разработанный специалистами Дальневосточного научного центра АН СССР. Он давал возможность измерять скорость и направление течения, а также скорость распространения звука в водной толще.

Внутренние волны в океане исследовались дрейфующей и буксируемой антеннами, сконструированными в Акустическом институте АН СССР. Изолированные проводники, играющие роль чувствительных элементов, позволяли оценивать как горизонтальную, так и вертикальную изменчивость температуры — ее неоднородности размерами от нескольких метров до нескольких километров.

Использовалось оригинальное оборудование для изучения звуковых волн в океане. До глубины 5 км на дно опускались автономные донные акустические станции. Каждая была «начинена» сложной аппаратурой, ее назначение — записывать на магнитограф естественные шумы океана в диапазоне частот от 2 до 200 Гц. Закончив работу (в зависимости от режима действия магнитофона она может длиться от суток до месяцев), станция всплывает на поверхность, оставив на дне якорь-балласт. Станцию нетрудно затем разыскать по сигналам ее радиомаяка и проблесковому огню. Иногда на антенне станции помещают уголкового отражателя, чтобы ее можно было обнаружить радиолокатором.

В экспедиции велись наблюдения и за поверхностными волнами. Три радиоволнографа — автономные дрейфующие буи — передавали на судно по радиоканалу сведения о волнении моря. За буями следили с помощью специальных излучателей, которые давали акустические сигналы. Дойдя до приемного гидрофона радиоволнографа, сигналы усиливаются и меняют форму. По времени между посылкой акустического сигнала и приемом ответного радиосигнала и определялось расстояние до «бегущих по волнам» измерителей.

Мощный арсенал измерительной и



обрабатывающей аппаратуры дополнялся в 22-м рейсе подводным аппаратом «Пайсис», который предстояло испытать. Это самодвижущееся устройство принимает на борт трех человек и может погружаться до глубины 2000 м. Процедура спуска аппарата с борта судна, его погружение

■
Донная акустическая станция готовится к погружению

на заданную глубину и всплытие требуют соблюдения многих условий. Для погружения аппарата был выбран район Тиморского моря, укрытый с севера и востока от опасной океанской зыби Малыми Зондскими островами и Новой Гвинеей, а с юга — обширным австралийским шельфом. В марте — апреле здесь сухой сезон, устойчивый юго-восточный муссон не сильнее четырех баллов; глубина океана тоже подходя-

щая — дно плавно поднимается от оси Тиморского желоба (отметка около 3000 м) до шельфа (около 200 м). Во время погружений «Пайсиса» вблизи судна устанавливался на якорь координационный буй (его положение фиксировала спутниковая навигационная система) для непрерывного контроля за положением «Дмитрия Менделеева» и для определения течений и дрейфа в районе работ.

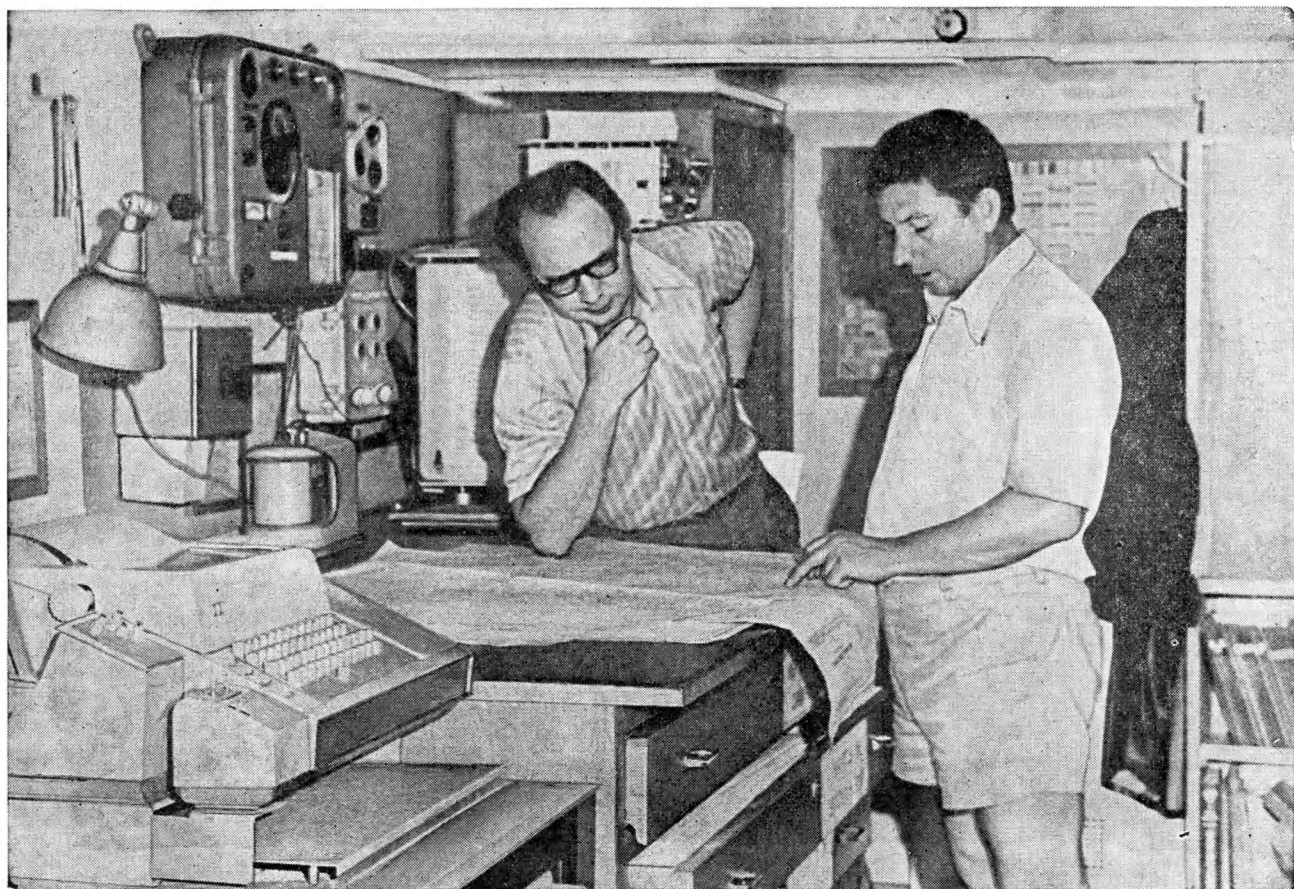
Операция погружения «Пайсиса» потребовала самой тщательной подготовки. За 20 дней аппарат погружался 7 раз, причем каждый раз приборная «начинка» и научная программа менялись: то регистрировались гидрофизические параметры, то записывались акустические сигналы, то выполнялось непрерывное сейсмопрофилирование верхнего осадочного слоя вблизи дна или брались пробы воды. Датчики «Пайсиса» были сконцентрированы в специальном устройстве, которое зажимается с помощью манипулятора, но по желанию наблюдателя во время эксперимента все они могут быть ориентированы по-разному.

Информация, полученная во время рейса измерительными комплексами, оперативно обрабатывалась на ЭВМ.

НАУЧНЫЕ ИТОГИ

Много интересных результатов дали измерения микроструктурным зондом. Например, по данным 105 профилей температуры построен сложный «рисунок» изотерм. Он показывает, как разнообразны были внутренние волны в районе измерений и как сложна их зависимость от гидрометеорологических факторов. Так, кратковременные штормовые заряды не способствуют зарождению внутренних волн, зато появление существенных вертикальных сдвигов в поле скорости всегда сопровождалось увеличением амплитуды волн. Среднеквадратичные значения амплитуд волн были обычно в пределах 4,2—6,9 м, но отдельные их «всплески» достигали по амплитуде более 14 м.

Многочисленные зондирования толщи воды акустическим измерителем скорости течения показали, что в океане



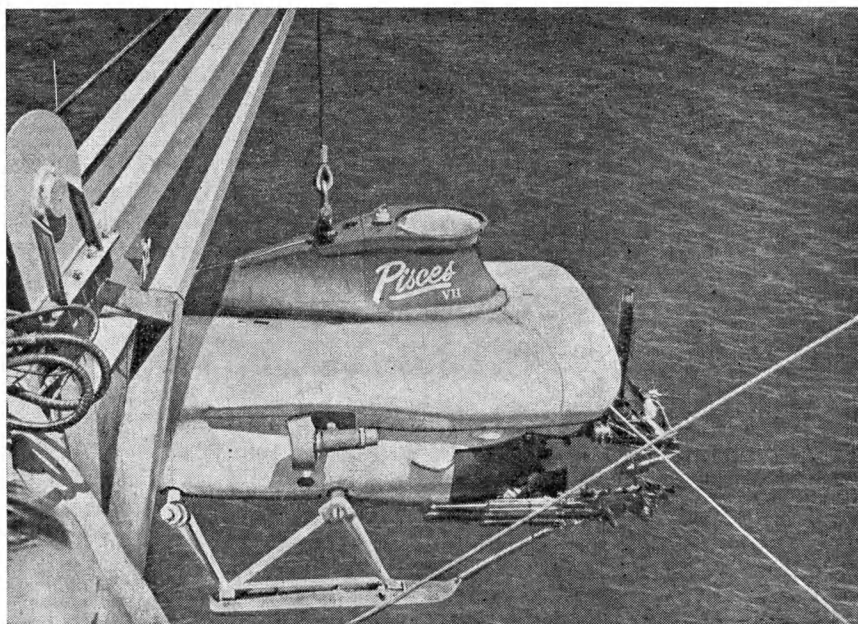
часто существуют отдельные сравнительно тонкие слои, где скорость и направление движения жидкости различны. Такая «переслоенность» водной толщи имеет важное значение и для физики океана и для его обитателей, главным образом планктонных организмов. Мигрируя вверх и вниз, они могут попадать в разно-



Обсуждается план работы на очередном полигоне. Слева — начальник экспедиции профессор Р. В. Озмидов, справа — капитан «Дмитрия Менделеева» А. С. Свитаило



Общий вид подводного обитаемого аппарата «Пайсис» с установленными на его корпусе датчиками пульсаций гидрофизических полей



направленные струи воды и таким образом переноситься на большие расстояния.

Данные зондирования позволили определить наиболее вероятную толщину слоев с примерно одинаковыми векторами скорости течений, а также оценить параметры пространственно-временной изменчивости этих слоев. Интересно, что вертикальные профили температуры воды в большинстве случаев оказались схожими по форме с вертикальными распределениями вектора скорости течений. Это означает, что каждой прослойке океанской воды, движущейся в определенном направлении, присуща и «своя» температура. Поэтому в таких прослойках скапливаются определенные представители флоры и фауны, чутко реагирующие даже на самые незначительные вариации температуры.

Важную роль для понимания динамики океанских течений сыграли синхронные измерения профилей скорости течений и плотности воды. Дело в том, что большие перепады скорости приводят к неустойчивости потока и порождают турбулентные вихри, тогда как устойчивая плотностная переслоенность вод, наоборот, затрудняет возникновение турбулент-

ности или гасит ее. Исследовать соотношение этих двух противоборствующих тенденций до сих пор в океане не удавалось — не было подходящей аппаратуры.

Лазерный интерферометр и акустический зонд, использовавшиеся в 22-м рейсе «Дмитрия Менделеева», позволили решить эту задачу. Оказалось, что стабилизирующие силы не всегда бывают достаточными, чтобы погасить турбулентность, и в таких случаях в океане возникают «пятна» сильно турбулизированной перемешанной жидкости. Они образуются быстрее, если в слое воды существуют большие внутренние волны, обостряющие градиенты скорости в потоке. Количество турбулизированных пятен, частота их возникновения и время существования зависят, в конечном счете, от средних гидрометеорологических условий в районе наблюдений.

Высокий уровень турбулентности наблюдался обычно в приповерхностном слое океана толщиной 30—60 м, ниже турбулентность, как правило, убывала. Таким образом, перенос тепла, кислорода и других веществ в глубине океана происходит довольно быстро в приповерхностных слоях, в более же глубоких этот перенос

осуществляется импульсами через отдельные турбулизированные зоны, возникающие и затухающие в океане по определенным законам.

Измерения с «Пайсиса» дали уникальные сведения о турбулентных процессах в придонных слоях океана. На глубине 1720 м в Тиморском море при малых придонных скоростях течений (около 15 см/с) уровень турбулентности невелик — пульсации скорости не превышают 0,8 см/с, а пульсации температуры на глубине 910 м составили всего 0,002 °С.

В рейсе удалось получить записи акустических шумов океана в различных гидрометеорологических условиях. Донными станциями обнаружены, в частности, импульсные источники звука, превышающие обычные уровни шумов океана в 10—15 раз и имеющие, по-видимому, биологическое происхождение. С «Пайсиса» оказалось очень удобно исследовать особенности отражения и рассеяния звука от дна и поверхности океана, а также закономерности рассеяния звука скоплениями планктона.

«Дмитрий Менделеев», пройдя в Тихом и Индийском океанах 15 890 миль, 24 апреля 1979 года вернулся в порт Владивосток.

РЕЙСЫ КОРАБЛЕЙ НАУКИ (ИЮЛЬ—ДЕКАБРЬ 1979)

Советский научно-исследовательский флот во втором полугодии 1979 года продолжал исследования Мирового океана.

Научно-исследовательские суда «Академик Курчатов» и «Профессор Штокман» (Институт океанологии АН СССР) в июле — сентябре 1979 года участвовали в осуществлении Первого глобального эксперимента (ПГЭП) научной программы ПИГАП («Земля и Вселенная», 1980, № 2, с. 47—50. — *Ред.*). Это — продолжение исследований пространственно-временной изменчивости гидрофизических полей (течений, температуры, солености) в экваториальной зоне Атлантики, а также гидрометеорологических исследований.

Рейс «Дмитрия Менделеева» (Институт океанологии АН СССР) в северную часть Тихого океана был

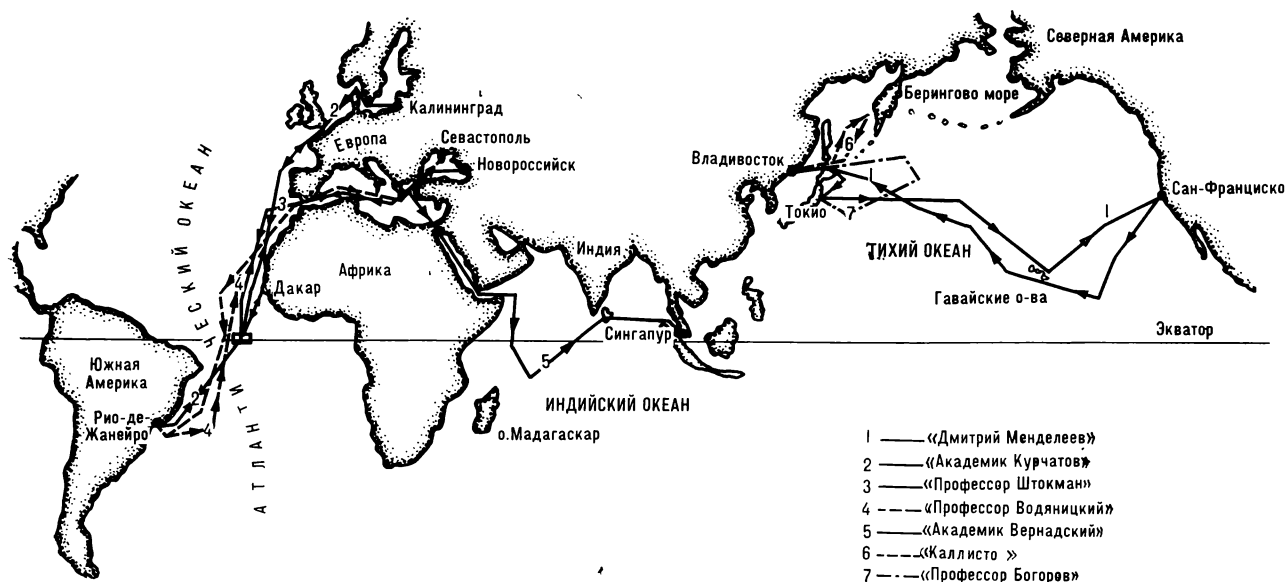
посвящен комплексному геолого-геофизическому и геохимическому изучению глубинного строения и горизонтальных неоднородностей литосферы в этом регионе. Почти три месяца проводились исследования в Северо-Западной котловине, на поднятии Шатского, Северо-Западном хребте, поднятии Хесса, в Импера-

торском желобе, Северо-Восточной котловине.

В октябре из очередного рейса в Атлантике вернулся «Профессор Водяницкий» (Институт биологии южных морей АН УССР). В рейсе изучалось загрязнение Черного, Средиземного морей и Атлантического океана и влияние его на различные процессы, протекающие в морской среде. Одновременно разрабатывались мероприятия по предотвращению загрязнения отдельных районов и осваивались сырьевые запасы кальмаров открытого океана.

Экспедиция на судне «Академик Ковалевский» (Институт биологии южных морей АН УССР) с июля по октябрь 1979 года исследовала в Черном и Средиземном морях радиоактивное загрязнение вод, питание донных беспозвоночных, а также некоторые виды водорослей. В работе принимали участие болгарские коллеги.





- 1 — «Дмитрий Менделеев»
- 2 — «Академик Курчатов»
- 3 — «Профессор Штокман»
- 4 — «Профессор Водяницкий»
- 5 — «Академик Вернадский»
- 6 — «Каллисто»
- 7 — «Профессор Богоров»

Рейс научно-исследовательского судна «Михаил Ломоносов» (Морской гидрофизический институт АН УССР), начавшийся в октябре 1979 года, проводился по международной программе в Карибском море и у берегов Западной Африки. Карибско-Мексиканский бассейн играет исключительную роль в формировании Гольфстрима, влияет на климат и промысловое рыболовство в сопредельных акваториях Мирового океана. Исследование шельфовых областей Атлантического океана в районе Западной Африки проводилось в соответствии с межправительственным советско-гвинейским соглашением. Здесь изучали природные ресурсы, кроме того участники экспедиции встречались с представителями научных кругов различных африканских стран.

В октябре 1979 года из Индийского океана вернулся «Академик Вернадский» (Морской гидрофизический институт АН УССР). Экспедиция изучала ресурсы океана, выявляла перспективные районы рыбного промысла и добычи минерального сырья. Попутно проводилось комплексное исследование гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических характеристик океана.

Ученые Эстонии и их шведские коллеги в июле — ноябре 1979 года выполняли совместные работы на судне «Аю-Даг» (Институт термофизики и электрофизики АН ЭССР) в Балтийском море. Основные задачи этих работ — комплексные гидрохимические и гидробиологические исследования в различных районах моря и долгосрочные наблюдения в одном из его районов, а также выработка единого подхода советских и шведских специалистов к развитию дальнейшего изучения Балтики. Определялись уровень загрязнения моря токсическими веществами (тяжелые металлы, органические соединения, нефть и нефтепродукты) и их распространение.

Ученые Мурманского морского биологического института АН СССР на судне «Дальние Зеленцы» исследовали влияние различных загрязнителей на морские организмы. Пройдя по Баренцеву, Норвежскому и Северному морям, судно в декабре 1979 года вернулось в родной порт.

Экспедиция на судне «Профессор Богоров» (Дальневосточный научный центр АН СССР) работала в северо-западной части Тихого океана. Здесь в течение двух месяцев проводились экспериментальные исследования особенностей распространения звука в толще вод, разрабатывались дистанционные акустические методы исследования океана, изучалось строение земной коры, измерялся уровень естественной радиоактивности. Подобные исследования в том же районе с июля по ноябрь 1979 года проводились с борта суд-

на «Вулканолог» (Институт вулканологии Дальневосточного научного центра АН СССР). Геологическое строение дна северо-западной части Тихого океана изучалось с судна «Каллисто» (Дальневосточный научный центр АН СССР). Работы проводились по международному проекту советско-американского сотрудничества в области исследования Мирового океана.

Ученые Сахалинского комплексного научно-исследовательского института (Дальневосточный научный центр АН СССР) с судна «Пегас» в Охотском море изучали строение верхней части земной коры. В июле — сентябре 1979 года они провели опытно-методические работы по освоению и внедрению новой техники, выполнили региональные геофизические исследования шельфа северной части Охотского моря.

А. И. ЧИБОВ

Маршруты научно-исследовательских судов в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах



Кандидат химических наук
О. Л. КУСКОВ
Член-корреспондент АН СССР
Н. И. ХИТАРОВ

Ранняя стадия физико-химической эволюции Земли

Большинство геофизиков и геохимиков считает, что плотное ядро Земли состоит в основном из расплавленного железа с примесью некоторых других элементов. Конкурирующая гипотеза о том, что ядро состоит из силикатов, перешедших в плотное металлическое состояние под действием высокого давления, пользуется меньшим признанием, хотя и облегчает объяснение происхождения ядра.

Перед сторонниками «железного» ядра стоит вопрос: откуда взялось глубинное тепло Земли, которое привело к образованию ее расплавленного ядра? Считалось, что его источниками были энергия, выделявшаяся при аккумуляции Земли и расслоении ее на оболочки, а также распад радиоактивных элементов. Авторы публикуемой ниже статьи — сотрудники Института геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского АН СССР — выдвинули новую гипотезу. Они проанализировали химические реакции, которые могли протекать в недрах Земли на ранней стадии ее эволюции при образовании «железного» ядра и вхождении в него примеси кремния. Авторы пришли к заключению, что эти реакции могли давать не меньше тепла, чем радиоактивный распад или гравитационная дифференциация. Поскольку для таких реакций необходимы высокие давления, то они могли протекать на Земле и Венере и не могли быть на Луне и Меркурии.

В химической эволюции Земли и планет земной группы можно выделить два основных этапа. Первый, догеологический, сводился к физико-химическим процессам в протопланетном облаке. На втором, геологическом этапе, такие процессы происходили в недрах уже сформировавшейся планеты. О начальной стадии этого второго этапа и пойдет речь в статье. Какие же химические процессы протекали в тот период и какую роль они сыграли в эволюции Земли? Здесь мы рассмотрим те процессы, которые, по-видимому, играли тогда ведущую роль. Это — окислительно-восстановительные реакции, химическое взаимодействие вещества ядра и мантии, формирование металлического земного ядра.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Сейсмические наблюдения показывают, что Земля состоит из трех основных оболочек: коры, мантии и ядра. Объем ядра — 16% объема Земли, а масса — примерно 32% ее полной массы. В ядре можно выделить внешнюю (жидкую) и внутреннюю (твердую) области. Мантия Земли обычно разделяется на верхнюю мантию, переходный слой и нижнюю мантию. Температура и давление в нижней части мантии достигают огромных величин. Так, на границе с внешним ядром температура оценивается примерно в 4000 К, а давление там около 1400 кбар (1,4 миллиона атмосфер).

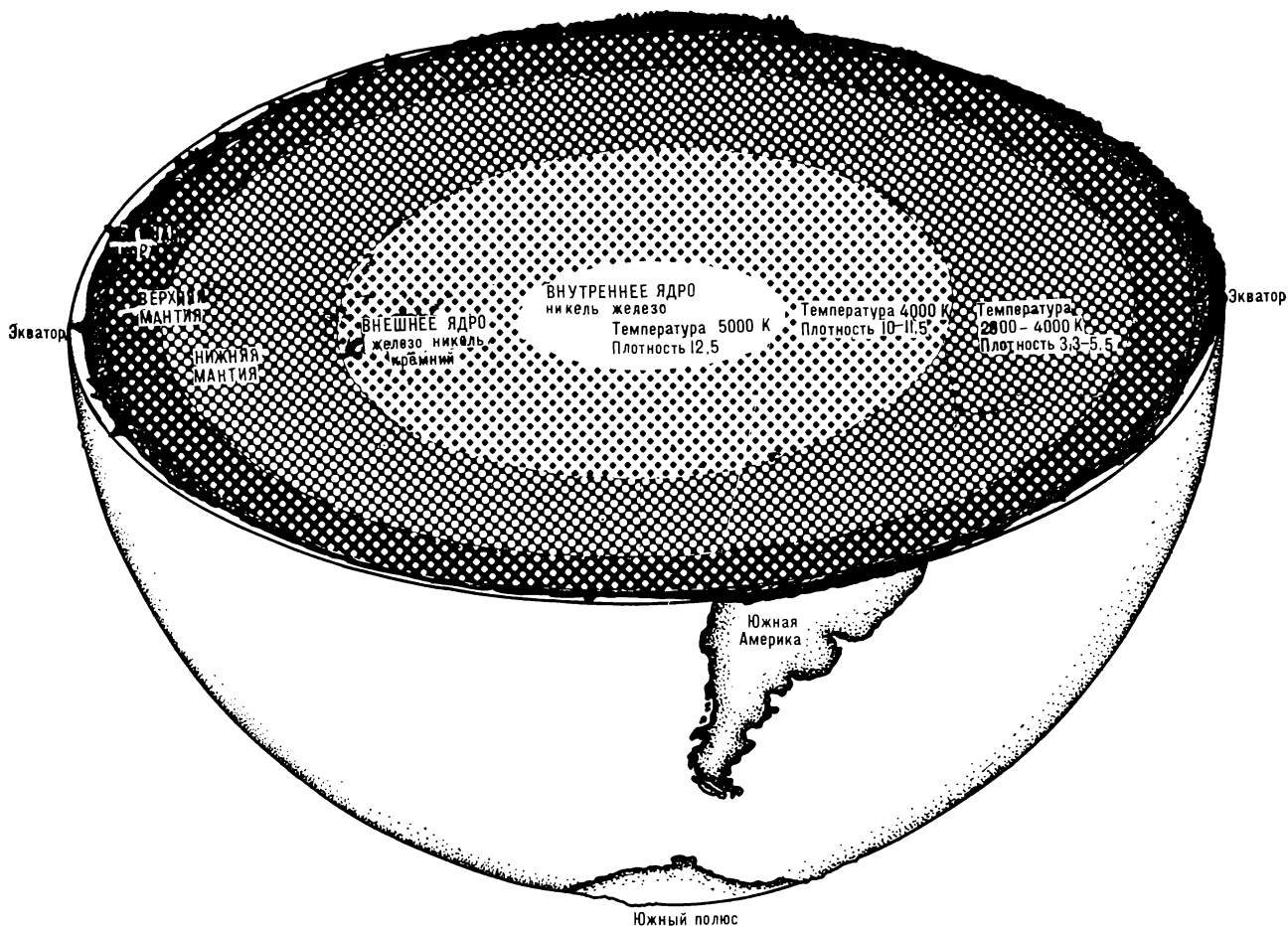
Как же сформировалась Земля из протопланетной туманности, как образовалось ее ядро и какова была ее дальнейшая эволюция? Эти, а также

многие другие вопросы пока окончательно не решены.

Имеются различные представления о механизмах конденсации вещества протопланетной туманности и его аккумуляции в планеты. Здесь мы будем следовать наиболее разработанной гипотезе **однородной аккумуляции**. Согласно этой гипотезе, первичное планетное вещество было относительно **однородным по составу** — силикатный материал мантии перемешан с железным материалом ядра. Аккумуляция Земли происходила из метеоритного вещества различного состава — от близкого к составу углистых хондритов, обогащенных летучими компонентами, обычных хондритов и железных метеоритов, до веществ, обогащенных тугоплавкими элементами и богатым кальцием и алюминием.

Существование массивного и плотного ядра говорит о том, что изначально принесенный падавшими на планету частицами **железоникелевый сплав**, равномерно распределенный по всей Земле, выделился в ходе ее дальнейшей эволюции в центральную область. Довольно однородная по составу протопланета расслоилась на оболочки, и движущей силой этого процесса была **гравитационная дифференциация вещества** (расслоение его по плотности в поле силы тяжести). Физический процесс гравитационной дифференциации сопровождался различными химическими превращениями.

Рассмотрим физико-химические процессы, которые могли протекать на ранней стадии эволюции Земли (от момента образования планеты до ее окончательного расслоения на обо-



лочки), когда формировалось железное ядро.

СОСТАВ ЗЕМНОГО ЯДРА

В XIX веке господствовало мнение, что земное ядро состоит в основном из железа. В начале XX века сейсмические наблюдения подтвердили наличие центрального ядра, и идея о его железном, или, точнее, железоникелевом составе, долгое время не вызывала сомнений*.

* В 40-х годах XX века В. Н. Лодочников и У. Рамзей высказали гипотезу: ядро Земли может состоять из металлизированных силикатов. Под действием высокого давления диэлектрик приобретает свойства металла, и силикаты земной мантии, таким образом, могут обладать металлической проводимостью.

Однако исследования американского ученого Ф. Берча, появившиеся около 30 лет назад, показали другое. Берч установил, что плотность земного ядра на 10—20% меньше, чем плотность железоникелевого сплава, а скорость звука в нем выше скорости звука в таком же сплаве при соответствующих температуре и давлении. Эти выводы подтвердились, когда изучалась плотность и скорость звука в металлах и сплавах при экстремальных давлениях (до нескольких миллионов атмосфер) в ударно-волновых экспериментах. Оставалось заключить: железоникелевый сплав ядра содержит еще какой-то более легкий элемент, растворенный в жидком железе.

■ *Внутреннее строение Земли*

В качестве возможных кандидатов рассматривались **водород, углерод, кислород, сера и кремний**. Но водород и углерод образуют с железом растворы внедрения и могут очень мало уменьшить плотность последнего, поскольку занимают промежутки, уже имеющиеся в кристаллической решетке. Таким образом, наиболее вероятными претендентами остаются кислород, сера и кремний. Но тщательный физико-химический анализ растворения серы и кислорода в железе и устойчивости образующихся соединений в окислительно-восстановительных условиях недр Земли не проводился, и это один из серьезных пробелов в «биографии» ядра.

В то же время термодинамические расчеты, основанные на экспериментальных данных, полученных при сверхвысоких давлениях, показали, что в жидком железе способен рас-

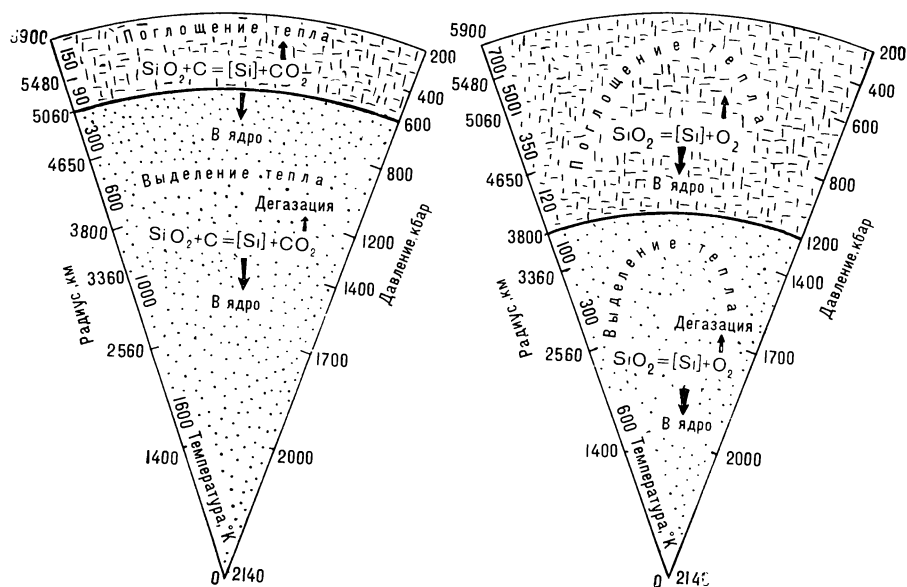
творяются кремний, и Fe—Ni—Si-расплав в условиях ядра Земли может быть стабильным. Еще раньше в экспериментах с сильными ударными волнами было обнаружено, что железокремниевый сплав по своим физическим свойствам (плотности, скорости звука) полностью соответствует физическим свойствам ядра.

Кремний мог войти в состав ядра также и в результате взаимодействия вещества ядра и мантии. В ходе реакции между **стишовитом** (плотная модификация кремнезема) мантии и **жидким железом** ядра образуется **железокремниевый расплав**. Расчеты показывают, что если температура в недрах Земли превышала 3500—4000 К, то такая реакция приводила к экстрагированию кремния из мантии в ядро. Не исключено, что этот процесс на границе ядро — мантия продолжается и в настоящее время.

Здесь можно провести аналогию и с метеоритными телами. Тот факт, что свободный кремний находят в металлической фазе энстатитовых (сильно восстановленных) хондритов, показывает, что кремний может входить в состав железного ядра при определенных окислительно-восстановительных условиях в недрах Земли.

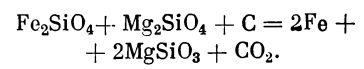
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ В РАННЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМЛИ

Итак, ядро может состоять из железокремниевых расплава. Однако стабильность такого расплава — условие необходимое, но недостаточное, так как механизм восстановления кремния и процесс, при котором он входит в состав ядра, остаются до конца не выясненными. Чтобы понять, как все это могло происходить, нужно рассмотреть **окислительно-восстановительные условия** в недрах Земли, то есть реакции с участием силикатов, окислов, металлического железа и углерода (последнему отводится роль основного восстановительного агента). Эти реакции могли протекать, когда шло перераспределение масс в недрах планеты в процессе дифференциации ее вещества, причем масса участников реакций характеризуется большими величинами, по-



рядка 10^{26} г. (Полная масса Земли $6 \cdot 10^{27}$ г.)

Масса современного железного ядра Земли велика, она составляет около 1/3 ее полной массы. Поэтому наиболее важны здесь реакции между железом и окислами железа или между железом и силикатами магния и железа в присутствии углерода. Например:



Такие окислительно-восстановительные реакции с большой массой реагирующих веществ называют **буферными**. Они задают постоянные значения парциального давления или **ле-**

тучности газов при конкретных температурах и давлениях. Под эгидой этих буферных равновесий на ранней стадии эволюции Земли должны были протекать все остальные реакции с меньшей массой реагирующих веществ.

Процессы окисления-восстановления могут протекать в условиях **закрытой** или **открытой** систем. В первом случае не происходит обмен веществом (летучим O_2 , CO_2) между системой и окружающей средой, во втором — такой обмен может осуществляться в процессе гравитационной дифференциации Земли. Под окружающей средой здесь понимаются основные буферные реакции, а под системой — все остальные реакции с меньшими массами реагентов, например: $\text{SiO}_2 + \text{C} = \text{Si} + \text{CO}_2$.

С помощью термодинамических расчетов удалось показать, что в мантии Земли и планет процессы восстановления в условиях закрытой системы невозможны. Они запрещены термодинамикой. Из этого следует, что первичное вещество однородной Земли на ранней стадии ее эволюции находилось в окисленном состоянии, когда все летучие компоненты присутствовали лишь в связанной форме — в виде силикатов, окислов, карбонатов. Но тогда становятся не-

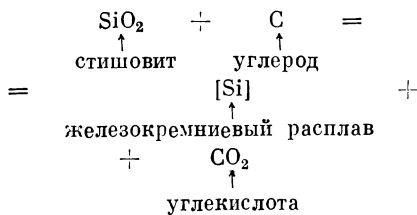
Энергетика химических реакций в недрах недифференцированной Земли. Восстановление стишовита до железокремниевых расплава, формирующего ядро Земли. В центральной части Земли такие реакции сопровождаются выделением тепла, в верхней части мантии — его поглощением. На левой схеме граница, разделяющая области выделения и поглощения тепла, располагается выше. Это связано с взаимодействием стишовита и углерода в мантии Земли

объяснимыми существование металлического ядра Земли, примеси в его составе, а также проявления мощной дегазации, свидетельствующие об интенсивном выделении летучих компонентов, что в конечном счете, вероятно, привело к образованию первичных атмосферы и гидросферы.

Рассматривая химические реакции в закрытых системах, мы предполагаем, что состав системы остается неизменным. Это нельзя с уверенностью утверждать, если системы содержат такие летучие вещества, как H_2O , H_2 , CO_2 . В крупномасштабных физико-химических процессах, протекающих при дифференциации планеты на оболочки, эти компоненты из-за их меньшей плотности и большей подвижности по сравнению с окружающей силикатной или окисной породой перераспределяются между системой и окружающей средой. С точки зрения термодинамики это означает, что систему нужно рассматривать как открытую для летучих веществ. Тогда поле устойчивости минерала, содержащего летучий компонент, должно зависеть не только от температуры и давления, но также от летучести этого компонента в его непосредственном окружении. Поскольку восстановителем служит углерод, то устойчивость минерала в системе или его разложение будут определяться летучестью углекислоты, заданной в окружающей среде буферными реакциями. В верхней части мантии на ранней стадии эволюции Земли летучесть углекислоты контролировалась буферными равновесиями между шпинелью $(Fe, Mg)_2SiO_4$, пироксеном $(Fe, Mg) \cdot SiO_3$, железом и углеродом, в нижней мантии—буферным равновесием между магнезиовюститом $(Mg, Fe)O$, железом и углеродом. Оказалось, что при определенных температурах и давлениях могло происходить восстановление силикатов и стишовита до кремния, растворенного в жидком железе. Равновесные температуры восстановления, например, при 600 и 1000 кбар составляли 3600 и 4100 К.

При восстановлении силикатов и стишовита углеродом до кремния, растворенного в жидком железе, будет происходить выделение углекислоты. Интересно поэтому сделать

оценку массы углекислоты, образующейся при формировании ядра, например, на основании такой реакции:



В результате этой реакции в состав ядра могло войти около 10% кремния (по массе). С учетом массы внешнего земного ядра получим, что для реакции восстановления потребовалось $0,85 \cdot 10^{26}$ г углерода (1,4% от массы Земли) и образовалось $3 \cdot 10^{26}$ г CO_2 (5% от массы Земли). Эта величина объединяет всю массу углекислоты, содержащейся в карбонатных породах мантии и осадочном слое, а также в атмосфере и гидросфере. При взаимодействии такого количества углекислоты с MgO (одним из наиболее распространенных окислов в мантии) образуется около 10% карбоната.

ЭНЕРГЕТИКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Если известна летучесть газов в различных окислительно-восстановительных реакциях, при которых происходит обмен газообразными продуктами с буферными реакциями, то нетрудно оценить величину **тепловых эффектов** этих реакций в определенном интервале температур и давлений.

Известно, что все окислительно-восстановительные реакции протекают либо с поглощением тепла (эндотермические реакции), либо с его выделением (экзотермические реакции). Например, в доменной печи процесс восстановления окисной железной руды коксом (углеродом) при нормальном атмосферном давлении требует затраты тепла. Исследования показали, что при высоких давлениях, существующих в мантии Земли, процесс восстановления должен сопровождаться выделением тепла, если в ходе его летучие вещества будут удаляться. В процессе же окисления тепло должно поглощаться. И чем больше давление, тем больше тепла

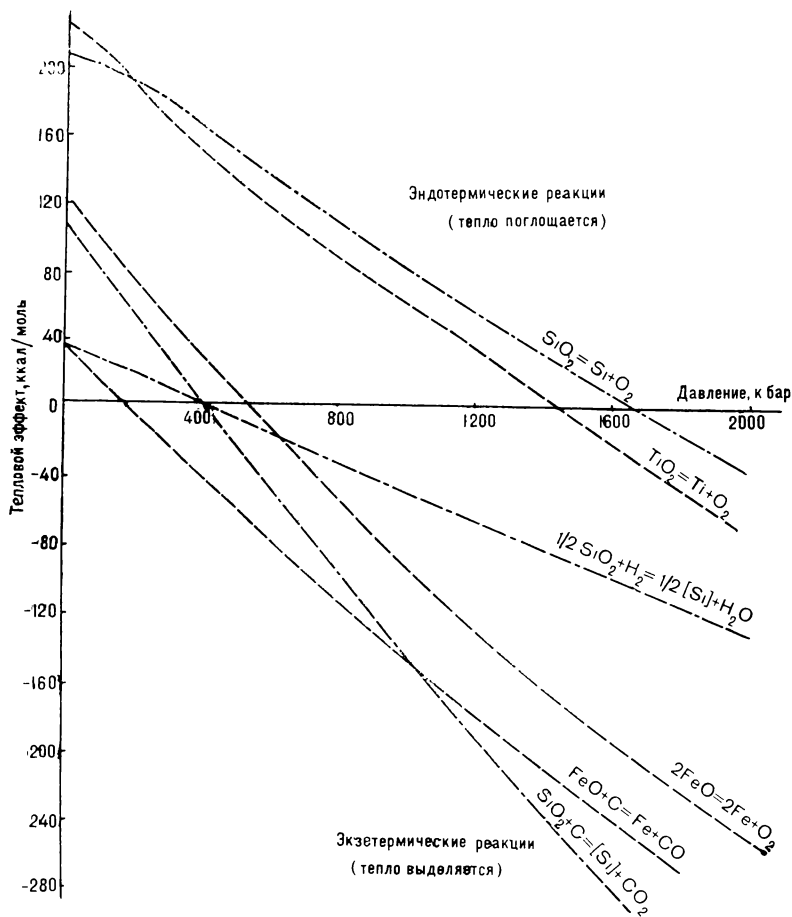


выделяется при восстановлении и поглощается при окислении.

Энергетический эффект химических реакций по сути дела обратим: одна и та же реакция при различных давлениях может быть и эндотермической и экзотермической. Следовательно, на начальном этапе развития Земли в результате одной и той же химической реакции одни участки мантии могли разогреваться, другие — охлаждаться. Глубоко в недрах Земли давление велико, поэтому восстановительные реакции привели к **разогреванию ее центральной части**. В поверхностных слоях процессы окисления сопровождались поглощением тепла и мантия здесь **охлаждалась**.

Вклад энергии, выделяющейся при химических реакциях, в общий тепловой баланс планеты оказывается весьма существенным. Из расчетов следует, что с помощью одной только реакции, приводящей к образованию железосиликатового расплава по схеме восстановления стишовита углеродом, выделяется такое количество тепла, которое могло бы нагреть центральную область Земли радиусом 4000 км примерно на 1000—2000 К.

Ранее считалось, что в термической истории Земли и планет земной группы основную роль играли два источника тепла: **энергия гравитационной дифференциации и энергия радиоактивного распада**. Энергией же химических реакций попросту пренебрегали. Но, по-видимому, эту энергию необходимо учитывать. Если сделать расчеты по отдельным слоям Земли, то можно убедиться, что за счет энергии химических реакций (в частности, окислительно-восстановительных) температура изменяется на сот-



ни и даже тысячи градусов. Таким образом, можно говорить еще об одном источнике тепла — энергии химических реакций в недрах Земли.

Сопоставление вкладов, которые дают три различных источника тепла, говорит о том, что при анализе тепловой истории Земли все эти источники нужно учитывать на равных основаниях. Это, вероятно, приведет к более достоверным суждениям о процессах ранней стадии эволюции Земли и позволит восстановить более точно размеры недифференцированной протопланеты, а тогда могут появиться и новые аргументы для подтверждения или отрицания многих

существующих ныне гипотез. Не исключено, что возникнут и новые идеи, которые позволят с иных позиций подойти к проблемам химической и термической эволюции Земли.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЯДРА

Главным процессом, определяющим геологическую жизнь Земли, был, по-видимому, процесс формирования ядра. В ходе его высвобождалась энергия, перемещалось вещество, протекали эндо- и экзотермические реакции. С этим наиболее мощным процессом в эволюции Земли, вероятно, связано образование первичной атмосферы и древнего океана, то есть процесс дегазации, о котором говорил академик А. П. Виноградов.

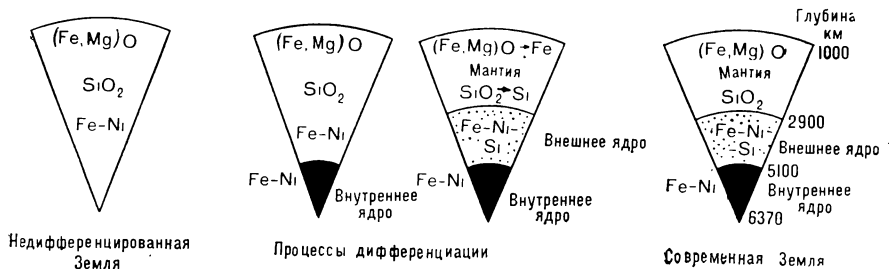
Существуют различные модели

формирования ядра, но все они недостаточно конкретно описывают физико-химический и динамический аспекты процесса дифференциации. Авторы статьи попытались рассмотреть первую часть проблемы, а именно, процесс вхождения легкого элемента в состав ядра, окислительно-восстановительные реакции в мантии Земли и их энергетику.

Согласно известной схеме, предложенной американским ученым У. Эльзассером и советским ученым В. С. Сафроновым, плавление железа за первичной недифференцированной Земли начиналось в «верхней» мантии (один источник дифференциации), затем этот расплав просачивался через всю вязкую мантию к центру Земли («Земля и Вселенная», 1972, № 4, с. 18—23.—Ред.). Представляется возможным провести существенную модернизацию этой схемы. Она заключается в следующем. Как уже говорилось, глубоко в недрах Земли процессы восстановления вещества сопровождаются выделением большого количества тепла. Значит, расплав мог появляться не только в верхней части мантии, но и в нижних горизонтах недифференцированной Земли и в ее центре. Локальное плавление понижало плотность мантии, а это существенно облегчало и ускоряло процесс формирования ядра.

Итак, намечается интересный и важный вывод: наряду с предполагаемым источником дифференциации в «верхней» мантии (на глубине около 500 км) подобный источник мог быть еще и в «нижней» мантии. Подчеркнем, что речь здесь идет о первичной недифференцированной Зем-

Зависимость теплового эффекта окислительно-восстановительных реакций от давления



ле (смесь силикатов и железа), еще не разделенной на оболочки.

Таким образом, в рамках модели однородной аккумуляции процесс формирования ядра мог происходить в несколько этапов. На первом — из вещества протопланетного облака образовалась недифференцированная квазиоднородная планета. Следующим этапом эволюции была гравитационная дифференциация вещества. По мере разогревания планеты ударами крупных тел и теплом, выделившимся при радиоактивном распаде, началось плавление железа в «верхней» мантии. В то же время с ростом планеты при достижении определенных размеров и давления в ее недрах создавались условия для химических реакций, протекающих с выделением тепла. Можно предположить поэтому, что уже на этой стадии в «нижней» мантии также происходило плавление железа. Оба процесса в конечном итоге привели к образованию внутреннего ядра.

Выделявшаяся при этом гравитационная энергия, а также радиоактивный разогрев и дальнейшее развитие процессов восстановления повысили температуру во всей мантии Земли и уменьшили ее вязкость. Это дало возможность образовавшемуся в верхних горизонтах Fe—Ni—Si-сплаву опуститься к центру и сформировать

внешнее ядро. Процесс этот, самопроизвольный и ускоряющийся во времени, происходил уже, вероятно, в масштабах всей Земли. Ядро Земли выделилось в первый-второй миллиард лет ее эволюции, и за это время в него поступило все изначально существующее в металлическом виде никелистое железо и его сплав с кремнием. Так могла происходить гравитационная дифференциация Земли в глобальном масштабе.

Таким образом, при определенных условиях в недрах Земли кроме физических источников энергии следует учитывать энергию химических реакций, которая очень существенно сказывается на эволюции Земли. Примерно так же, по-видимому, обстояло дело на Венере. А какую роль сыграли химические реакции в эволюции других небесных тел? На Луне и Меркурии — почти никакой, поскольку давление в их недрах недостаточно для того, чтобы вызвать смену знака основных «энергоемких» химических реакций. Поэтому тепловой режим Луны и Меркурия, по-видимому, определялся лишь ударами крупных тел о их поверхность и теплом, выделившимся при радиоактивном распаде. Марс занимает промежуточное положение: там энергия химических реакций если и проявлялась, то в заметно меньшей степени, чем в недрах Земли и Венеры.

Различные периоды формирования земного ядра. В период гравитационной дифференциации вещества образование внешнего ядра сопровождалось активными процессами в мантии. После выделения ядра эти процессы в основном закончились

О ПУТИ В КОСМОС

Книга «Вылетаем на Байконур» (М., Политиздат, 1979) написана на основе личных впечатлений и бесед автора с теми, кто непосредственно участвовал в космических экспериментах по программе «Интеркосмос». Автор книги — известный журналист, лауреат Государственной премии СССР В. С. Губарев.

Открывает книгу очерк «Экспедиция на «Салют»». В нем рассказывается о трехмесячной вахте в космосе Ю. Романенко и Г. Гречко.

Очерк «От Коперника до «Коперника»» посвящен жизни и научному подвигу великого польского астронома. В 1973 году, когда отмечалось 500-летие со дня рождения Н. Коперника, был запущен спутник «Интеркосмос — Коперник 500». Читатель познакомится с его создателями — польскими и советскими учеными, узнает, как работал в космосе первый польский космонавт М. Гермашевский.

«Диалог космодромов» воскрешает события июля 1975 года, ставшего «космическим месяцем человечества». С космодрома Байконур стартовал пилотируемый корабль «Союз», с космодрома на мысе Канаверал — корабль «Аполлон». Автор рассказывает, как готовился и проходил совместный полет кораблей, какие эксперименты на орбите осуществил международный экипаж.

«Ариабата» — название первого индийского искусственного спутника Земли, который был запущен с космодрома Байконур 19 апреля 1975 года. Так же в книге назван очерк, посвященный создателям этого спутника.

О миссиях автоматических станций «Луна-16» и «Луна-24» рассказывается в очерке «Буровая в Море Кризисов».

С борта пилотируемой станции «Салют-6» советские космонавты вели многозональную съемку земной поверхности. Фотоаппаратуру, предназначенную для многозональной съемки, разработали ученые ГДР, испытывали аппаратуру на «Союзе-22» советские космонавты В. Быковский и В. Аксенов. Этому космическому эксперименту, названному «Радугой», посвящен последний очерк книги «Так начиналась «Радуга»».

В обращении к читателю автор, отмечая, что книга не претендует на исторический очерк о рождении и развитии программы «Интеркосмос», подчеркнул: «...я надеюсь, что она поможет читателю представить, насколько сложен и труден путь в космос для тех, кто посвятил себя благородной задаче познания Вселенной».



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

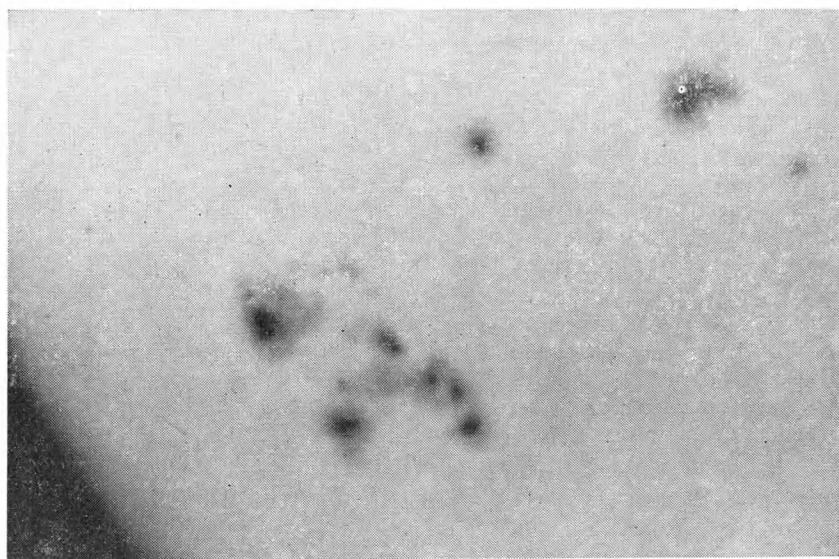
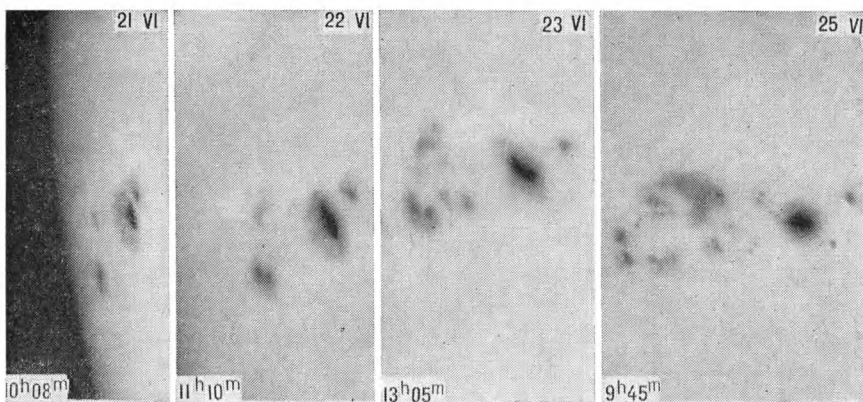
Руководитель астрономического
кружка Чопской средней школы № 2
Ю. Ю. ПАЛКО

Школьники наблюдают Солнце

С 1974 года в средней школе № 2 города Чоп (Закарпатская область) ведутся регулярные наблюдения Солнца с помощью школьного телескопа системы Максутова с мениском диаметром 70 мм. Окулярная часть телескопа и экран с проецирующимся на него изображением Солнца находятся внутри затемненного помещения, а мениск телескопа «смотрит» на Солнце.

Сначала на экран проецируется солнечное изображение диаметром 10 см. Ребята зарисовывают его и определяют число Вольфа, характеризующее уровень солнечной активности. Затем, изменив окулярное увеличение, они делают зарисовку солнечного изображения диаметром 30 см. На изображении Солнца кроме групп, отдельных пятен, пор видна грануляция.

В последнее время кружковцы все чаще фотографируют Солнце. Предварительно ребята фокусируют солнечное изображение на экран, добиваясь, чтобы солнечный диск при 70-кратном окулярном увеличении имел диаметр 80 мм. На место экрана помещается фотоаппарат ФЭД-2 без объектива. Избранные участки солнечной поверхности фотографируются на обратимую пленку чувствительностью 2,8 ед. ГОСТа с выдержкой



1/250 секунды. При съемке используется сетофильтр ЖС-18. Весь солнечный диск фотографируют на ту же пленку и с той же выдержкой при 25-кратном увеличении. Диаметр ди-

ска на пленке равен 19 мм. Съемка ведется через оранжевый фильтр ОС-12.

Проявляется пленка в проявителе УП-2 при температуре 17—18 °С. Лучшие отпечатки получаются на контрастной фотобумаге «Фотобром».

Любителям астрономии, наблюдающим Солнце в школьные менисковые телескопы, необходимо оберегать оптику телескопа от перегрева солнечными лучами. Через 2—3 минуты наблюдений нужно делать перерыв такой же продолжительности. Во время перерывов окуляр должен находиться в нейтральном положении. Наблюдения не следует продолжать больше 10—12 минут.

■
Развитие группы солнечных пятен с 21 по 25 июня 1978 года (время Всемирное). Эти и следующая фотографии получены на школьном телескопе системы Максутова с 70-кратным окулярным увеличением. Пленка чувствительностью 2,8 ед. ГОСТа, выдержка 1/250 секунды

■
Солнечные пятна 4 июня 1979 года

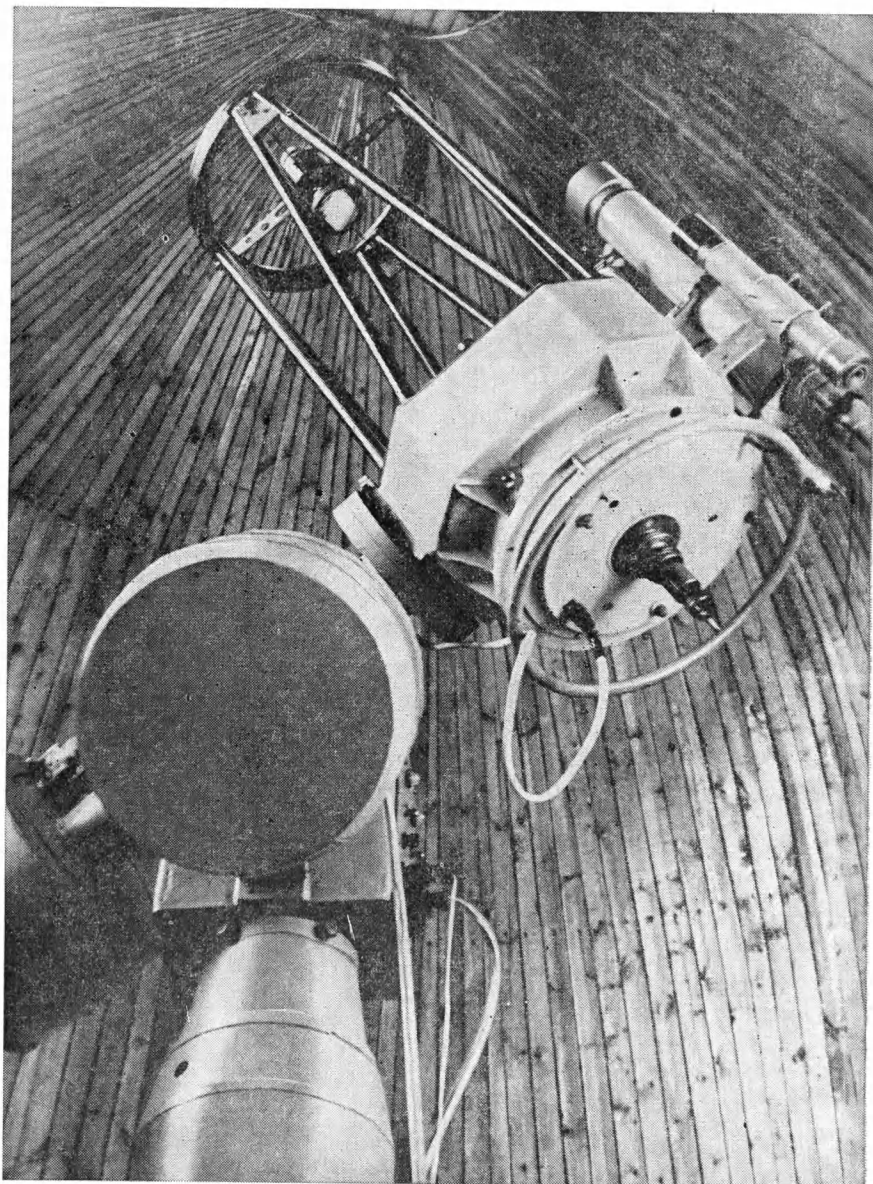


Н. П. ПЕРЕКАТИЙ
А. С. ГАДУН

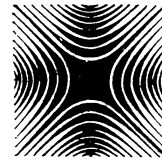
Юношеская обсерватория в Бердянске

С ноября 1978 года при ДOME пионеров в городе Бердянске работает юношеская астрономическая обсерватория. Она оснащена 41-сантиметровым телескопом системы Кассегрена, который был построен в астрономической обсерватории Одесского университета. В юношеской обсерватории занимаются школьники 6—10 классов и студенты. Для младших школьников создана подготовительная группа.

Занятия ведутся по программам, разработанным для астрономических кружков и одобренным Главным управлением школ Министерства просвещения СССР. Ребята выполняют астрономические наблюдения: фотографируют Луну, отдельные участки неба, планеты, делают зарисовки поверхности Солнца. Но главное направление работы юношеской обсерватории — изучение переменных звезд. Составить программу их наблюдений помогли сотрудники астрономической обсерватории Одесского университета. В нее включены переменные звезды разных типов — неправильные, цефеиды, лириды, затменные. Летом 1979 года активно исследовались звезды SZ Рыси, RR Лиры, R Северной Короны, δ Цефея, XZ Лебеда, RZ Цефея, NW Лиры, DX Дельфина, DY Пегаса, YZ Волопаса. Результаты наблюдений переменных направляются в астрономическую обсерваторию Одесского университета, а затем, после обсуждения, — в «Астрономический циркуляр» и журнал «Переменные звезды».



41-сантиметровый телескоп системы Кассегрена



КОСМИЧЕСКАЯ
ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. ОРЛОВ

Олимпийские игры и... космос

На протяжении более 80 лет почтовые ведомства многих стран посвящают многочисленные выпуски Олимпийским играм. Естественно, что их сюжеты строго выдержаны в рамках олимпийской тематики. Но в последние полтора десятилетия появились марки и специальные почтовые блоки, посвященные олимпийско-спортивной тематике и достижениям современной космонавтики. Положила начало этому новому разделу космической филателии Венгерская Народная Республика.

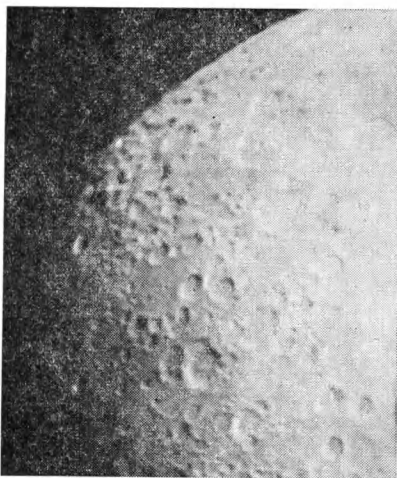
XVIII Олимпийские игры (Токио, 10—24.X.1964) совпали по времени с запуском (12.X.1964) советского многоместного космического корабля «Восход». Пролетая над Японией, экипаж «Восхода» передал с борта корабля советской олимпийской команде приветствие: «...Вымпел олимпийский получили, несем его над всей Землей, постараемся после посадки скорее его переслать вам в Токио. Желаем больших успехов всем участникам Олимпийских игр, а нашей команде — победы и возвращения с медалями... Космонавты Комаров, Феокистов, Егоров». Пожелания в приветствии космонавтов оказались пророческими, советская олимпийская команда заняла первенство в неофициальном командном зачете, завоевав 96 медалей.

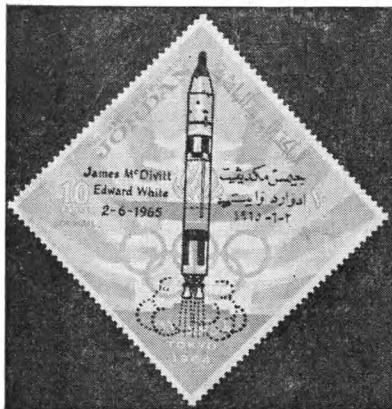
Почтовое ведомство Венгрии выпустило памятный почтовый блок. На марке блока — космический корабль «Восход» на фоне земного шара.



■
Участок неба в созвездии Ориона. Сфотографировал созвездие аппаратом ФЭД-2 Сергей Кудличков. Пленка чувствительностью 65 ед. ГОСТа, экспозиция 12 минут

■
Фотография Луны, полученная на 41-сантиметровом телескопе Игорем Атрощенко. Пленка 65 ед. ГОСТа, экспозиция 1/30 секунды





Нижнее поле блока занимает групповой портрет В. М. Комарова, К. П. Феоктистова, Б. Б. Егорова. Вверху — олимпийские кольца и название корабля на венгерском, русском, французском и японском языках.

Хотелось бы напомнить еще о двух венгерских почтовых блоках. Один из них посвящен зимним Олимпийским играм «Саппоро-1972» (Япония) и XX Олимпийским играм «Мюнхен-1972» (ФРГ). Он красочен и несмотря на небольшой размер информативен. На карте мира обозначены столицы этих двух Олимпиад, показана олимпийская эмблема. Здесь же олимпийский девиз: «Быстрее. Выше. Сильнее». Космическая тематика представлена искусственным спутником Земли, символизирующим использование спутников связи для телевизионных передач с Олимпиад.

На другом почтовом блоке ВНР, с олимпийской и космической темати-

кой, показан спутник связи, передающий символическую эстафету XXI Олимпиаде.

Олимпийские игры богаты традициями, и одна из них — зажигание олимпийского огня в честь их открытия. Огонь зажигается в Олимпии (Греция) от Солнца с помощью линзы, а к месту проведения Игр его доставляют спортсмены, несущие факел с олимпийским огнем. Этот ритуал неукоснительно выполняется с 1936 года. Но космонавтика внесла в олимпийские традиции свои коррективы. Когда готовились к XXI Играм, решили передать олимпийский огонь с Европейского на Американский континент принципиально новым способом, базирующимся на электронике и космической радиосвязи. Путь от Олимпии до Афин олимпийский факел прошел, как обычно, а дальше, до столицы Канады, Оттавы, — по космическому каналу связи, претерпев

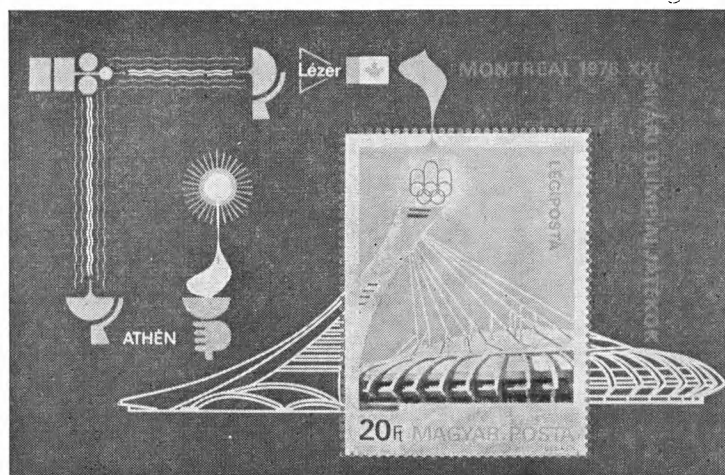
при этом оригинальную трансформацию. В Афинах огонь, доставленный из Олимпии, поместили в специальное электронное устройство, где его преобразовали в электромагнитные импульсы, которые передавались через спутник связи в Оттаву. Здесь с помощью лазерной техники осуществили обратное преобразование электромагнитных колебаний в реальный огонь, а затем эстафета доставила его к месту Игр — в Монреаль. Блок, выпущенный в Венгрии и посвященный монреальской Олимпиаде, очень точно и наглядно показывает передачу олимпийского огня посредством космической техники и момент зажигания огня.

В 1973 году в Варне состоялся X конгресс Международного олимпийского комитета, который обсуждал и вопросы организации телевизионных передач с Олимпийских игр через спутники связи. Почта НРБ посвятила этому конгрессу почтовый блок. Космическая тематика представлена на нем спутниками связи «Молния-1» и «Интелсат», которые используются для трансляции телевизионных и радиопередач во время Олимпиады.

НРБ выпустила также блок, приуроченный к XIX Олимпийским играм в Мехико (1968 г.). На нем изображен спутник связи фирмы TRW («Томсон—Рамо—Вулдриж»), действовавший в системе спутниковой связи «Интелсат-3». Такие спутники служили для трансляции передач с Олимпийских игр.

Иордания посвятила XVIII Олимпийским играм серию из шести крупноформатных марок и почтовый блок, но для космической филателии интерес представляет повторный выпуск этой серии со специальной космической надпечаткой: «Джеймс Макдивитт и Эдвард Уайт. 2.6.1965», посвященной американским астронавтам, совершившим полет на космическом корабле «Джемини-4». Заметим, что на марках стоит ошибочная дата. Корабль был запущен 3 июня. Кроме текста на марках и блоке на фоне олимпийской эмблемы показана ракета-носитель с кораблем «Джемини» в момент старта.

В других странах (Панама, Парагвай, Йемен, Катар) также изданы



марки и почтовые блоки с олимпийско-космической тематикой. На них показан спутник связи «Синком-3», запущенный 19.8.1964 года.

В заключение расскажем о двух почтовых блоках, хотя и выпущенных в разных странах, но сюжетно объе-

диненных. Это почтовые блоки ВНР и МНР, изданные в 1976 году и посвященные XXI Играм в Монреале. На венгерском блоке XXII Олимпийские игры символически представлены олимпийской эмблемой «Москва-

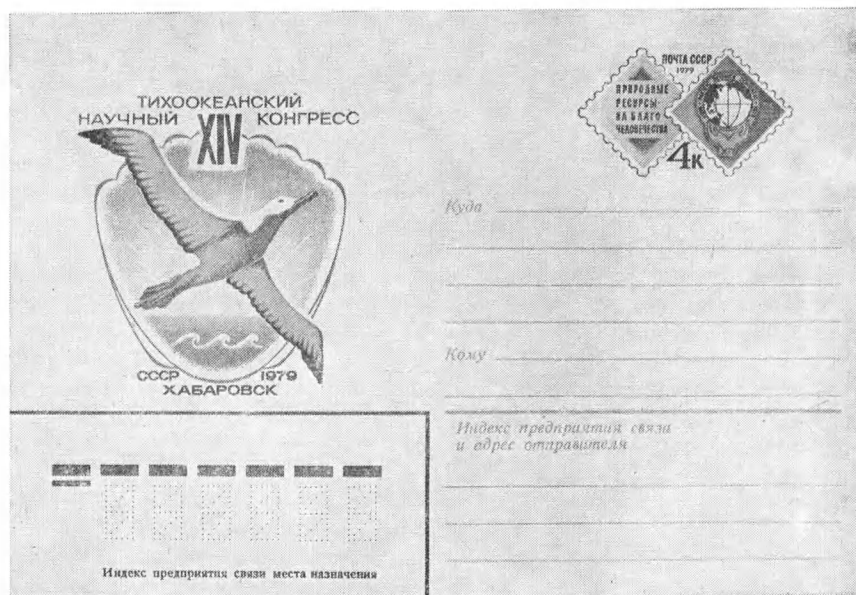
80». На монгольском блоке спутник связи передает эстафету монреальской Олимпиады Москве, представленной не только олимпийской эмблемой, но и Спасской башней Кремля.

ФИЛАТЕЛИЯ — НАУЧНОМУ КОНГРЕССУ

В Советском Союзе существует давняя традиция посвящать международным форумам марки или другие знаки почтовой оплаты. Сюда входят и маркированные конверты (конверты с напечатанными на них стандартными марками), именуемые «цельными вещами». Такой конверт, но с оригинальной маркой, которая отдельно не выпускалась, Министерство связи СССР посвятило XIV Тихоокеанскому научному конгрессу. Среди 15 000 художественных маркированных конвертов только 33 выпущены с оригинальными марками. В их числе и посвященный конгрессу.

В левой части конверта на фоне восходящего Солнца изображен парящий альбатрос. Ниже — поверхность океана со стилизованными гребнями волн. Надпись гласит: «XIV Тихоокеанский научный конгресс. СССР. Хабаровск. 1979».

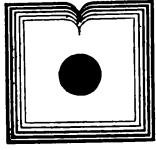
Марка состоит из двух симметричных прямоугольников с зубцовым оформлением. В правом квадрате изображена эмблема конгресса — земной шар в человеческих ладонях. Здесь же — название конгресса и место его проведения на английском языке. В левом квадрате — девиз конгресса: «Природные ресурсы



[Тихого океана] — на благо человечества».

Министерство связи СССР учредило также специальный почтовый штемпель, которым гасилась корреспонденция, отправляемая из Ха-

баровска в дни работы конгресса. На штемпеле повторен рисунок конверта и помещен текст: «XIV Тихоокеанский научный конгресс. Хабаровск. Почтамт. 20.VIII.— 5.IX.1979».



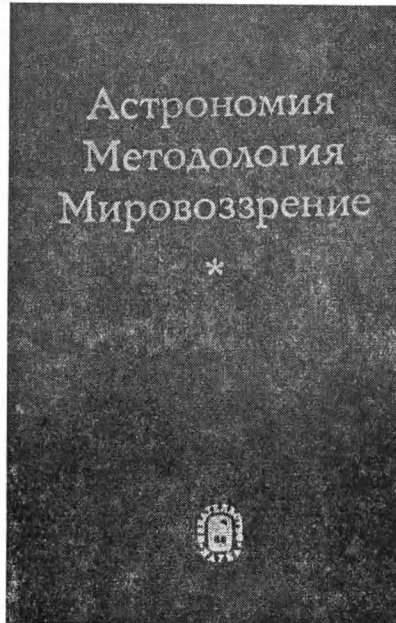
КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Кандидат педагогических наук
Е. П. ЛЕВИТАН

Философские рубежи науки о Вселенной

В 1976 году вышла в свет коллективная монография «Философские проблемы астрономии XX века», о которой достаточно подробно рассказывалось на страницах «Земли и Вселенной» (1977, № 2, с. 91—95). Спустя три года, в 1979 году, издательство «Наука» выпустило книгу, которую можно рассматривать как продолжение ранее опубликованной. Это тоже коллективная монография, изданная в серии книг «Материалистическая диалектика — логика и методология современного естествознания». Авторы назвали ее «Астрономия. Методология. Мировоззрение». В предисловии к книге подчеркивается, что «основное внимание в ней уделено тем философским аспектам изучения Вселенной, которые в предыдущей книге или затрагивались в общей форме, или же совсем не анализировались» (с. 5). Сразу же отметим, что если в предыдущей книге основной упор делался на рассмотрение теоретико-познавательных и методологических аспектов исследования Вселенной и лишь по сути дела намечался столь необходимый в условиях острой идеологической борьбы мировоззренческий анализ этих исследований, то в новой книге (и в этом ее ценности!) сделан, наконец, решительный поворот к анализу сложного комплекса мировоззренческих проблем.

Мировоззрение как форма общественного самосознания человека — это не просто определенное миропонимание, но и одно из важнейших средств человеческой деятельности, направленной на **освоение и преобразование мира**. Соответственно, мировоззренческие вопросы астроно-



мии — это не просто общие знания о Вселенной, но система норм и оценок, отражающих значение достижений науки о Вселенной для понимания места человечества в мире, для определения возможностей и перспектив познания практического преобразования мира. Важнейшая черта мировоззрения — его партийность. Хотя современная картина Вселенной практически одинакова с позиций сторонников буржуазного и марксистско-ленинского мировоззрения, ее **мировоззренческие истолкования** оказываются, естественно, противоположными.

Актуальность такой ориентации (и, надо полагать, ее дальнейшее развитие) вполне отвечает задачам, сформулированным в Постановлении ЦК

КПСС «О дальнейшем улучшении идеологической, политико-воспитательной работы». «Сердцевинной идеологической, политико-воспитательной работы,— подчеркивается в Постановлении ЦК КПСС,— было и остается формирование у советских людей научного мировоззрения, беззаветной преданности делу партии, коммунистическим идеалам, любви к социалистической Отчизне, пролетарского интернационализма».

Первый раздел книги («Методологические проблемы астрофизики») открывается статьей В. А. Амбарцумяна и В. В. Казютинского «Научные революции и прогресс астрофизики», в которой развивается и конкретизируется точка зрения авторов на общую проблему революций в естествознании и на сущность революции в астрофизике. Авторы отмечают, что «предстоящее перерастание локальной революции в астрономии в революцию глобальную кажется неизбежным; весь вопрос лишь в том, когда и как это случится» (с. 34). Авторы последовательно отстаивают неклассическую («бюраканскую») концепцию. Не отрицая того, что она «остается пока полуматематической схемой, а не математически разработанной теорией» (с. 38), авторы обосновывают следующий вывод: «вопреки часто высказываемому утверждению, классическому направлению отнюдь не удалось достигнуть настолько хорошего соответствия с фактическими данными, чтобы его основы могли считаться уже почти доказанными... «рванш» классического направления не состоялся по крайней мере до настоящего времени (с. 48). Но уже через несколько страниц читатель

встретится с аргументацией Ю. Н. Ефремова, который в краткой страстной статье «О двух эволюционных концепциях в астрофизике» подвергает острой критике взгляды бюраканского направления на космогоническую роль звездных ассоциаций (с. 56), выражает несогласие с методологическими особенностями подхода бюраканской концепции к решению проблемы эволюции звезд и галактик (с. 57), утверждает, что «все бесчисленные аргументы в пользу современных представлений об эволюции звезд являются в сущности одновременно и аргументами против бюраканской концепции звездообразования» (с. 58—59).

Авторы ряда статей (Я. А. Смодинский, С. А. Каплан, Б. А. Воронцов-Вельяминов) обсуждают вопрос о том, нужны ли для объяснения астрофизических фактов или для космологии еще неизвестные законы физики или же достаточно тех, которыми оперирует современная физика.

Пути формирования нового знания, проблем единства эмпирического и теоретического в астрофизике, особенности эволюционного стиля мышления в астрофизике наших дней — таковы вопросы, которым посвящены статьи В. В. Казютинского и В. С. Степина.

Второй раздел книги («Проблемы методологии и мировоззрения в развитии релятивистской космологии») открывает статья Я. Б. Зельдовича и И. Д. Новикова «Физика и космология». В ней рассматриваются «две связанные между собой идеи — принцип Маха и связь константы тяготения со свойствами Вселенной как целого» (с. 121). Авторы показывают, что многоликий принцип Маха (инерция тела определяется его гравитационным взаимодействием с другими телами Вселенной), сыгравший важную роль в создании общей теории относительности, не содержится в этой теории (с. 129). Поясняя роль квантовых процессов вблизи начала космологического расширения, авторы подчеркивают, что интенсивное рождение частиц происходит лишь при анизотропном расширении, а затем тяготение родившихся частиц делает

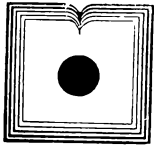
расширение изотропным (с. 134). «Последние несколько лет,— заканчивают Я. Б. Зельдович и И. Д. Новиков,— ознаменовались необычным развитием физики; новые теории могут существенно повлиять на наши представления о состоянии вещества и процессах, происходящих вблизи сингулярности» (с. 136).

По мнению Н. В. Мицкевича, «на первый план фундаментальных космологических и гравитационных исследований... выступает анализ сверхпространства, являющегося ареной эволюции Вселенной, и смены ее состояний» (с. 163—164). Под сверхпространством понимается такое абстрактное пространство, в каждой точке которого возможен «трехмерный пространственный срез через всю возможную вселенную» (здесь слово «вселенная» пишется со строчной буквы, поскольку имеется в виду потенциально возможная «вселенная»). Используя понятие сверхпространства, Н. В. Мицкевич анализирует геометрию и топологию эволюционирующего физического мира, движение объектов в мире с нетривиальной топологией, фантастические парадоксы пространства — времени в релятивистской космологии. «Мы,— пишет автор,— сталкиваемся здесь впервые в конкретном естественнонаучном контексте с совершенно фантастическими предположениями о возможности контакта между вселенными — иначе ведь трудно назвать эти «последовательно», но в отрыве друг от друга существующие миры» (с. 178). И хотя представления о множественности вселенных еще далеки от какой-либо конкретизации, мировоззренческая роль подобных представлений очень велика.

Вполне очевидно, что, например, идея уникальности земной цивилизации в принципиально единственной (уникальной) Вселенной отражает совершенно иное представление о месте человека в мире, чем идея множественности форм жизни, разума, космических цивилизаций в потенциально бесконечном множестве различных вселенных, каждая из которых рассматривается как «часть» или фрагмент неисчерпаемого материального мира. Последняя из этих идей рас-

сматривается в книге как определенное обобщение и конкретизация взглядов Дж. Бруно. По существу возникает необходимость в тщательном анализе понятий «Вселенная», «вселенная», «мир» и т. д. С этой точки зрения представляет интерес статья А. С. Кармина, в которой делается попытка определить такие понятия, как «наблюдаемая Вселенная», «астрономическая Вселенная», «физико-теоретическая Вселенная», «физическая Вселенная», «материальная Вселенная» (с. 213). Смысл понятий «мир», «картина мира», «мировоззрение» раскрывается и в статье В. В. Казютинского, посвященной роли космологии в развитии квантово-релятивистской картины мира. Однако рецензента не убедили доводы против использования широко распространенного понятия «астрономическая картина мира» и соображения о необходимости рассматривать физическую картину мира, как «срез» всей системы физического знания (с. 234—236). Важное достоинство статьи «Космология, картина мира и мировоззрение» заключается не только в обозначении ряда коренных мировоззренческих проблем, но и в показе борьбы мировоззрений вокруг современной космологии, в решительной критике воображаемой «гармонии» между релятивистской космологией и поповскими идеями креационизма (с. 249).

Третий раздел книги («Проблема поиска внеземных цивилизаций: методологические и мировоззренческие аспекты») представляет в своей наиболее важной части острую дискуссию между «сторонниками» и «противниками» идеи множественности миров. В авангарде «противников» ныне находится И. С. Шкловский, который в недалеком прошлом был одним из лидеров «сторонников». В рецензируемую книгу включена известная статья «О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной» («Вопросы философии», 1976, № 9) этого выдающегося советского астрофизика, а также опубликованная ранее («Вопросы философии», 1977, № 12) статья Н. С. Кардашева «О стратегии поиска внеземных цивилизаций». По мнению Н. С. Кардашева, программа



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

И. Т. ЗОТКИН

«Планеты и их наблюдение»

В отличие от других естественных наук, в астрономии помимо специалистов-профессионалов активно работают любители. Не случайно, Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) объединяет в своих рядах не только сотрудников обсерваторий и научно-исследовательских институтов, но и любителей астрономии. И если в большинстве областей естественнонаучных знаний самостоятельная деятельность вне рамок научного учреждения исключается из-за сложности и дороговизны эксперимента, то объекты астрономических

исследований производят впечатление большой доступности. Действительно, и Солнце, и звезды, и Луна, и планеты открыты для наблюдений каждому любознательному человеку. А многочисленность таких объектов, как метеоры и переменные звезды, оставляет любителю надежду заметить что-нибудь такое, чего не успела зафиксировать наука. Вот почему становится все больше астрономических кружков, коллективов наблюдателей, народных обсерваторий, самостоятельных экспедиций.

Книга «Планеты и их наблюдение»

(М., «Наука», 1979), написанная В. А. Бронштэном, адресована как раз тем, кого уже не удовлетворяет пассивное чтение научно-популярных брошюр и прослушивание лекций и чей интерес к астрономии становится активным.

В прошлые годы Физматгиз по инициативе ВАГО уже выпускал подобного рода издания о Солнце, Луне, переменных звездах, метеорах. Авторами книг были выдающиеся советские ученые П. П. Паренаго, Б. В. Кукаркин, Н. Н. Сытинская, В. В. Шаронов, В. В. Федынский. Эти книги оказали немалое влияние на развитие

поиска внеземных цивилизаций на основе тщательно продуманных и хорошо подготовленных экспериментов «может дать положительные результаты даже в течение ближайшего десятилетия» (с. 324).

Л. М. Гиндилис и Б. Н. Пановкин в статье «Методология оценки числа внеземных цивилизаций», применяя к проблеме внеземных цивилизаций вероятностно-статистические методы, пытаются доказать, что «заметная доля звезд» может обладать коммуникативными цивилизациями (с. 358).

Глубокие мировоззренческие аспекты выделяют в проблеме внеземных цивилизаций В. В. Рубцов и А. Д. Урсул, считающие что «работы в области проблемы ВЦ необходимо требуют разработки общей «космоцентрической» теории (пока абстрактной) сложных и сверхсложных систем, позволяющей судить об их роли во Все-

ленной, а также теории контактов между системами» (с. 377).

Нельзя не отметить явно положительного влияния, которое оказала упомянутая статья И. С. Шкловского на научный уровень дискуссии по проблеме внеземных цивилизаций. В ощутимой степени благодаря ей более строгой и точной становится аргументация выступающих, глубже и тщательнее анализ, хотя в целом взгляды не стали пессимистичнее и ряды энтузиастов этой проблемы не поредели...

Рецензируемая книга, в которой сопоставляются различные (и нередко противоположные!) точки зрения, представляет несомненно значительный вклад в разработку философских и мировоззренческих проблем науки о Вселенной.

Всего в книге «Астрономия. Методология. Мировоззрение» 23 статьи.

Разумеется, в небольшой рецензии невозможно рассказать о каждой из них, хотя того и заслуживают статьи Акбара Турсунова, И. Л. Генкина, У. А. Раджабова и ряд других. Авторы многих статей мастерски излагают сущность самых сложных проблем, но специальная терминология, которой перенасыщены отдельные статьи, не всегда отвечает интересам потенциальных читателей этой интересной книги. На наш взгляд, рецензируемая книга рельефно показывает, что революционные преобразования, которые охватили современную астрономию, поставили, «и притом с меньшей» остротой, чем в свое время великая коперниканская революция» (с. 7), ряд фундаментальных проблем мировоззрения, многие из которых получили в ней достаточно конкретное отражение.



астрономии в нашей стране. Главное, они привлекли к астрономии многих молодых людей, которые впоследствии стали известными учеными.

Сейчас эта добрая традиция продолжается, и, на наш взгляд, наилучшим образом. Автор рецензируемой книги — высококвалифицированный специалист, имеющий огромный опыт работы в ВАГО. Ему одинаково хорошо знакомы последние достижения планетной астрономии, нужды и запросы любителей.

В соответствии с названием, книга делится на две части. В первой дан обзор современного состояния изучения планет, во второй — инструктивно-методические указания к наблюдениям. План книги, по-видимому, идеален своей естественностью: I. Общие сведения о планетах; II. Методы исследования планет; III. Результаты изучения планет; IV. Наблюдения планет; V. Обработка наблюдений; Приложения (таблицы, справочный материал, литература).

В настоящее время составлять обзор достижений в области изучения Солнечной системы — дело трудное и неблагодарное. Интереснейшие открытия и новые результаты появляются если не каждый день, то каждый

месяц. Однако думается, что на протяжении ближайших нескольких лет главы, посвященные результатам планетных исследований, не потеряют своего прямого назначения. Что же касается теоретических основ методов изучения, то их процесс старения гораздо медленнее.

Читатель (серьезный читатель!) с благодарностью и удовольствием прочтет краткое изложение основ фотометрии, спектральных и радиоастрономических методов. Полагаю, что теорию и математический аппарат стоило бы представить обширнее, но, вероятно, при заданном объеме книги это было трудно сделать. Перейдем теперь ко второму, инструктивному разделу книги. Собственно говоря, он и определяет специфику и своеобразие издания.

Научно-любительские наблюдения планет издавна культивируются в ВАГО наряду с другими традиционными видами наблюдений переменных звезд, солнечных пятен, метеоров, астроклиматических эффектов. Еще два-три десятка лет назад немалая армия любителей с увлечением зарисовывала полосы на Юпитере, изменения фазы Венеры, оценивала яркость марсианских деталей через светофильтры. В зарубежных и советских журналах тех лет можно найти много заметок и сообщений, посвященных этим вопросам.

В последние десятилетия технический прогресс наземной аппаратуры и космических исследований наиболее болезненно «ущемил интересы» именно любительских планетных наблюдений. Выпуск книги «Планеты и их наблюдение» в период подобной кризисной ситуации накладывает на автора определенную дополнительную ответственность. Любители астрономии должны почерпнуть из нее многолетние и программные установки.

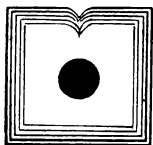
В книге, по-видимому, найдена правильная линия, верно ориентирующая любителей в их работе. Кратко она сводится к следующему: любительские наблюдения в настоящее время имеют в основном ознакомительные и учебные цели и лишь в редких случаях могут претендовать на получение научных данных. Нельзя, конечно, исключить возможность того, что

кому-то повезет и он увидит в телескоп падение и взрыв метеорита на Луне или даже извержение вулкана на Марсе. Но вероятность подобных событий слишком мала, чтобы на ее основе строить свою деятельность...

С другой стороны, не следует недооценивать методическое значение тех или иных способов наблюдений планет. Занимаясь наблюдениями планет, любитель неизбежно знакомится с устройством оптических и радиотехнических приборов, со статистическими методами обработки экспериментальных данных, физическими эффектами, картографическими проекциями. Иными словами, польза любительских наблюдений в настоящее время проявляется не в виде каких-то достижений, а опосредственно, через повышение научного уровня наблюдателя.

В заключение скажу о тех немногих наблюдениях, которые могут дать конкретный результат. Помимо задач, указанных в IV и V главах книги, вероятно, больше внимания следовало бы уделить физиологическим эффектам, связанным с визуальными наблюдениями. Например, вряд ли можно считать до конца объясненным эффект спрямления терминатора при зарисовках объектов, имеющих фазу, — Венеры, Меркурия, Луны и др. Далее, почти 100 лет наблюдатели Марса видели на нем каналы, а после получения телевизионных изображений планеты о каналах стыдливо умалчивают. Хорошо бы установить, что это было. Правомерна постановка исследований видимости планет и деталей на них на фоне зари, на разных высотах, в моменты покрытий Луной.

В целом, следует приветствовать выход такой полезной книги, как «Планеты и их наблюдение». Думаю, что в ближайшие годы книга выполнит свое основное назначение — станет «заочным руководителем» планетного отдела в астрономических кружках, народных обсерваториях. И не беда, если кружковцы не сделают научных открытий. Важно, чтобы они стремились к этому!



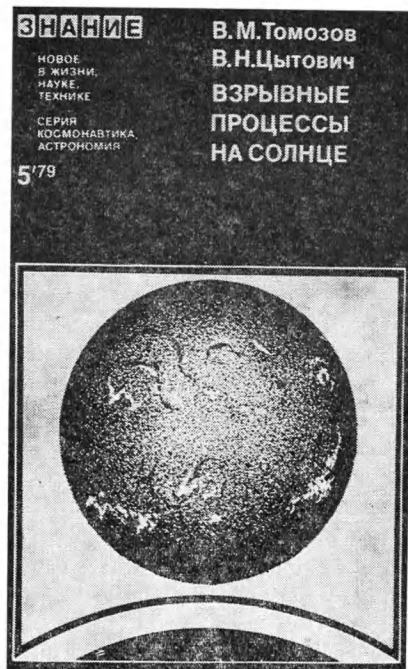
КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. СТЕПАНОВ

«Взрывные процессы на Солнце»

Вспышки — самые мощные нестационарные явления на Солнце. Во время вспышек в солнечной атмосфере происходит быстрый нагрев плазмы (до 10^8 К), ускоряются частицы до релятивистских энергий, возрастает рентгеновское и ультрафиолетовое излучение Солнца, через корону в межпланетное пространство распространяются ударные волны, увеличивается скорость солнечного ветра, наблюдается перестройка секторной структуры межпланетного магнитного поля. В атмосфере Земли усиливаются полярные сияния, возникают магнитные и ионосферные возмущения.

Описанию солнечных вспышек посвящена брошюра «Взрывные процессы на Солнце» доктора физико-математических наук В. Н. Цытовича и кандидата физико-математических наук В. М. Томозова. Брошюра выпущена в 1979 году издательством «Знание» в серии «Космонавтика, астрономия». В ней коротко рассказывается о таких проявлениях солнечной активности, как солнечные пятна, факелы, протуберанцы, и подробно о самих вспышках. Особенно интересны главы, которые знакомят читателя с плазменными механизмами в магнитных и электрических полях, с развитием различных неустойчивостей, с генерацией турбулентности плазменных волн. В брошюре освещены новые явления в физике турбулентной плазмы — механизм модуляционной неустойчивости, образование солитонов; рассмотрены также различные подходы к описанию сильной ленгмюровской турбулентности. При возникновении модуляционной неустойчивости распределение плотности



плазмы становится неоднородным, появляются области пониженной плотности, в которых резко усиливается давление высокочастотных электрических полей плазменных волн. В этих областях разрежений плотности плазмы и образуются нелинейные волны, или солитоны. Сильная ленгмюровская турбулентность плазмы как раз и характеризуется образованием и взаимодействием солитонов.

Авторы рассказывают, как формируются токовые слои в атмосфере Солнца, как возникают солнечные вспышки, ускоряются частицы при вспышках. С позиций современной теории плазмы представлены различные модели вспышечного процесса.

В последней главе описывается моделирование вспышечных явлений в лаборатории. Эти работы проводил в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР академик А. Б. Северный, а в настоящее время их выполняют в Физическом институте АН СССР А. Г. Франк и А. З. Ходжаев и в Сибирском институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн СО АН СССР А. Т. Алтынцев, В. И. Красов и др. До сих пор вопросы лабораторного моделирования явлений вспышечного процесса в научно-популярной литературе не освещались.

Брошюра В. М. Томозова и В. Н. Цытовича «Взрывные процессы на Солнце» очень своевременна, так как с 1979 года осуществляется комплексная международная научная программа «Год солнечного максимума», посвященная изучению солнечных вспышек. Несомненно, координация исследований Солнца позволит ученым сделать решающий шаг на пути к разгадке природы солнечных вспышек.

Новые книги

«Эволюция солнечной системы»

Так называется книга, которую в 1979 году выпустило издательство «Мир». Авторы книги — лауреат Нобелевской премии, иностранный член АН СССР Х. Альвен и профессор Г. Аррендиус. Перевод с английского выполнен К. В. Краснобаевой, Г. А. Мерсовой и И. В. Орфановой под редакцией академика Г. И. Петрова.

В предисловии к русскому изданию Х. Альвен отметил, что «Теория Шмидта в Советском Союзе с ее критикой подхода Лапласа и упором на планетезимальную аккрецию была значительным шагом вперед и существенно продвинула теорию эволюции Солнечной системы».

Книга состоит из «Введения» и четырех больших частей: «Современное состояние и основные законы», «Аккреция небесных тел», «Плазма и конденсация», «Физическая и химическая структура Солнечной системы» и «Частные проблемы».

В «Заключительных замечаниях» авторы суммируют общие результаты и делают следующий общий вывод: «Имеющийся в настоящее время эмпирический материал уже позволяет восстановить основные события, которые привели к современному строению Солнечной системы. При ожидаемом потоке данных прямого исследования космического пространства эволюция Солнечной системы в конечном итоге может быть описана с такой же полнотой и точностью, как описана геологическая история Земли».

Список литературы содержит 470 названий.

Монография адресована специалистам в области астрофизики, физики плазмы, геофизики, геохимии, химии и механики.

«ОСНОВАНИЯ КОСМОЛОГИИ»

Так называется книга Акбара Турсунова, вышедшая в 1979 году в издательстве «Мысль». Автор поставил перед собой задачу «дать философско-критический анализ ряда принципиальных проблем, касающихся оснований космологии как науки».

Книга содержит четыре очерка. Первый очерк включает обоснование принципа космологической уникальности. Здесь рассматриваются единственность объекта и множественность его описания, сложность объекта и простота его описания, анализируется выдвинутая милновской школой программа аксиоматизации космологии.

Два следующих очерка содержат анализ различных аспектов принципа космологической экстраполируемости. Конкретно-астрономическое содержание данного принципа, который связывают с именем Бруно, Кузанского, Коперника, Ньютона и Ольберса и часто называют космологическим постулатом, сводится к тому, что «ближайшая часть Вселенной является достаточно хорошим, хотя и не совсем точным образцом

остальных ее частей во все времена и в любом месте».

Четвертый очерк знакомит читателя с принципом Маха. Автор стремится выяснить, нужно ли рассматривать этот принцип в качестве ведущего космологического основоположения или этот принцип, породивший в свое время немало реальных проблем, ложен и его просто нет в физической космологии, основанной на общей теории относительности.

В пятом очерке автор обсуждает познавательную цель, стоящую перед космологической наукой, а также выясняет, в какой логической форме может выражаться космологическое знание.

Авиденне и Эйнштейну посвящены рассуждения, которыми заканчивается эта книга, адресованная интересующимся философскими проблемами космологии.

ПОПУЛЯРНО О КОСМОЛОГИИ

В 1979 году издательство «Наука» выпустило книгу И. Д. Новикова «Эволюция Вселенной», представляющую собой научно-популярное изложение многих сложных вопросов космологии.

В первой главе «Расширяющаяся Вселенная» содержится обзор важнейших данных наблюдений, на которых основано построение моделей окружающего нас мира.

Вторая глава «Релятивистская космология» кратко описывает основные идеи теории тяготения Эйнштейна, в ней дается понятие о геометрических свойствах пространства и тех выводах, которые следуют из искривленности пространства.

Третья глава «Горячая Вселенная» посвящена анализу физических процессов на ранних стадиях расширения охваченной наблюдениями области мегамира.

В четвертой главе «Образование структуры Вселенной» особое внимание уделяется проблеме устойчивости расширения однородного вещества и гипотезам происхождения галактик.

В пятой главе «Границы» читатель познакомится с космологической сингулярностью, получит представление о сущности и роли квантовых процессов, происходивших вблизи сингулярности, узнает о моделях зарядово-симметричной Вселенной и осциллирующей Вселенной. Заключительные параграфы этой главы посвящены обсуждению возможности сложной топологии в разных пространственных масштабах Вселенной.

Перечень глав и рассматриваемых в них вопросов свидетельствует о том, что в книге «Эволюция Вселенной» затронут большой круг проблем, находящихся на «переднем крае» науки. Однако в предисловии к книге подчеркивается, что достижения современной космологии изложены в ней в такой форме, что они доступны не только специалистам, но и многочисленным читателям, обладающим знаниями астрономии, физики и математики в объеме курса средней школы.

ПОИСКИ ВНЕЗЕМНОЙ ЖИЗНИ

В 1979 году издательство «Наука думка» выпустило книгу Л. И. Рубенчика «Поиск микроорганизмов в космосе». Книга, посвященная проблеме существования жизни в космосе, состоит из семи глав и предназначена для массового читателя.

В первой главе «Что такое жизнь» автор устами известных ученых пытается дифференцировать «живое» и «неживое», рассказывает о попытках современной науки дать ответ, какие условия необходимы для возникновения жизни.

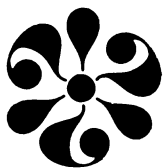
Вторая глава «Странники издалека» повествует о поисках микроорганизмов в метеоритах.

В третьей главе «Тяжелая» жизнь земных микроорганизмов в эксперименте и в природе рассматривается влияние различных экстремальных условий — температуры, высушивания, давления, лучистой энергии и других факторов — на земные микроорганизмы.

Из четвертой главы «Моделирование экологических условий, существующих на других планетах» читатели узнают об искусственном воспроизведении в лаборатории физических и химических условий, существующих на Марсе, Юпитере, Венере.

Пятая и шестая главы «Жизнь на Луне» и «Есть ли жизнь на Луне?» посвящены комплексу лунных проблем.

В седьмой главе «Карантин: Земля/космос» рассказывается о научных основах и поисках эффективных способов стерилизации космических аппаратов.

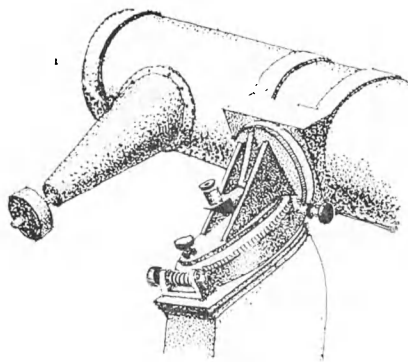


ОТВ Б.
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

После демонстрации по Центральному телевидению научно-популярного фильма «Телескопы» (производство «Новосибирсктеелефильм») редакция нашего журнала получила письмо от А. Мироненко (Алма-Ата), которого заинтересовала монтировка одного из телескопов. По просьбе редакции об этой монтировке рассказывает автор фильма, руководитель Новосибирского клуба любительского телескопостроения Л. Л. СИКОРУК.

Телескоп на монтировке, заинтересовавшей тов. А. Мироненко, изготовлен школьниками С. Грязевым, Е. Бокшанским и С. Семиным, которые занимаются в Новосибирском клубе любительского телескопостроения. Телескоп предназначался для тяжело больного мальчика, любителя астрономии, именно поэтому и была выбрана необычная **спрингфилдская монтировка**. Эта монтировка предложена выдающимся строителем гигантских телескопов Расселом Портером (1871—1949). Первый телескоп на такой монтировке был построен в 1920 году в клубе Стеллафейн близ города Спрингфилда (штат Вермонт, США).

Совершенная спрингфилдская монтировка имеет микрометрические движения по обеим осям, координатные круги, устойчивую бетонную колонну. Но главная ее особенность — **неподвижный окуляр**. Его оптическая ось совпадает с полярной осью, и поэтому при любых положениях трубы телескопа окуляр остается неподвижным. Работа с телескопом на спрингфилдской монтировке напоминает работу с лабораторным микроскопом: наблюдатель сидит в удобной позе, слегка наклонив голову вниз, все уп-



равление телескопом находится под рукой.

На телескопе, имеющем спрингфилдскую монтировку, легко установить окулярную камеру для фотографирования Солнца, Луны, планет. Более того, камеру можно укрепить на автономном штативе, что практически полностью исключает вибрацию телескопа при работе затвора и зеркала камеры.

Монтировка телескопа, построенного в Новосибирске, несколько отличается от традиционной, но основная ее идея остается прежней. Сходящийся пучок световых лучей, отраженный от главного зеркала телескопа, падает на диагональное зеркало и направляется в полюс ось склонений. Обычно в этом месте располагается окуляр телескопа системы Ньютона. В нашем же телескопе пучок проходит сквозь отверстие в полярной оси, перехватывается призмой и направляется вдоль полой полярной оси вверх. Изображение рассматривается в окуляр, установленный в фокусировочной трубке.

На трубе телескопа сделан «прилив» из эпоксидной смолы, армированный кусочками стеклоткани. К нему крепится 10-миллиметровая алюминиевая пластина, которая жестко связана (фланцем) с короткой осью склонений. Ось вращается в латунных втулках, установленных в наружной трубе оси склонений. В этой трубе есть два круглых отверстия, в кото-

рые вставлена полярная ось. В местах стыка щели проконопачены ватой с эпоксидной смолой, так что получаются два прочных шва, которые, вообще говоря, могут быть и сварными. Полярная ось также вращается во втулках, установленных в неподвижной трубе, которая с помощью треугольной пластины из 10-миллиметрового алюминия крепится к основанию монтировки. Оси могут закрепляться винтами.

В телескопе на спрингфилдской монтировке обязательны два плоских диагональных зеркала или 45-градусные призмы. Напомним формулу для определения малой оси эллиптического зеркала, или, что все равно, ребра катета призмы:

$$b = d + \frac{r(D-d)}{l},$$

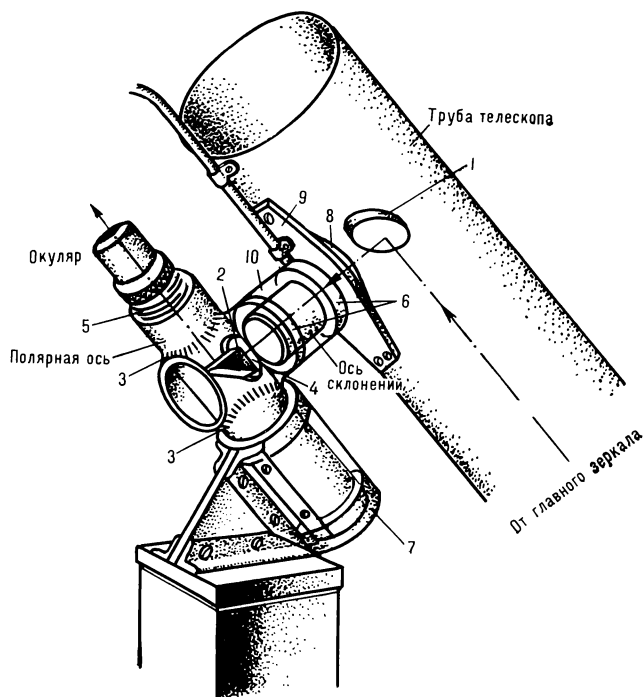
где d — поперечник поля зрения телескопа, r — расстояние центра зеркала или гипотенузы призмы от точки фокуса главного зеркала, D — диаметр главного зеркала, F — фокусное расстояние зеркала.

Угловое поле зрения телескопа системы Ньютона обычно выбирается равным 1—1,5°. Чтобы найти линейный поперечник поля, фокусное расстояние главного зеркала надо умножить на синус угла поля зрения. Так, если поле зрения равно 1°, а фокусное расстояние 1000 мм, то линейный поперечник поля зрения составит $1000 \cdot 0,017 = 17$ мм.

Оправа 45-градусной призмы представляет собой алюминиевый цилиндр, в котором под углом 45° профрезеровано углубление, в нем и приклеена канцелярским клеем призма. (Между прочим, канцелярский клей хорошо склеивает стекло и алюминий. Только нужно следить за тем, чтобы клей не попал на полированные, рабочие поверхности, иначе появятся неудаляемые матовые пятна.) Алюминиевая оправа призмы может быть заменена оправой из дерева или плотного пенопласта.

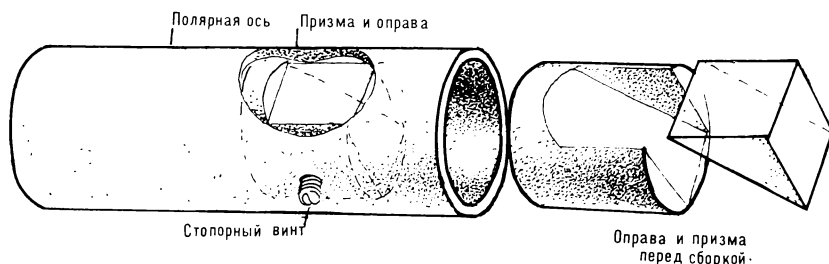
Юстировка телескопа проста. Сначала юстируем собственно ньютоновскую схему телескопа, как это рекомендует М. С. Навашин в своей книге «Телескоп астронома-любителя» (М., «Наука», 1979). Следует добиться,

■
Телескоп на спрингфилдской монтировке, предложенной Р. Портером



чтобы при рассматривании со стороны окулярной трубки отражение глаза и вспомогательного зеркала в главном зеркале были концентричными. После этого вставим ось склонений во втулки. Затем поворачиваем оправу дополнительной призмы и наклоняем саму призму до тех пор, пока все три отражения не станут концентричными.

Ошибочно мнение, будто спрингфилдская монтировка пригодна для телескопов диаметром до 100—120 мм. В мире построено много телескопов на такой монтировке, зеркальные объективы которых имеют диаметр до 300 мм. Телескопы с зеркалом диаметром до 130—140 мм и фокусным расстоянием до 1000—1200 мм могут быть переносными. Телескопы больших размеров должны быть установлены на жесткой тележке или иметь стационарную установку. Это можно было бы отнести к недостаткам спрингфилдской монтировки, если принять во внимание, что современные любительские телескопы системы Кассегрена с короткофокусными главными зеркалами могут быть переносными при диаметрах до 300 мм. Однако не следует забывать,



■ *Телескоп на спрингфилдской монтировке, изготовленный в Новосибирском клубе любительского телескопостроения*

■ *Основные детали спрингфилдской монтировки. Обозначения: 1 — диагональное зеркало, 2 — дополнительная призма, 3 — швы на стыках полярной оси с наружной трубой оси склонений, 4 — отверстие в полярной оси, 5 — фокусирующая трубка, 6 и 7 — латунные втулки, 8 — «прилиев» из эпоксидной смолы, 9 — алюминиевая пластина, 10 — неподвижная труба полярной оси*

■ *Крепление 45-градусной призмы внутри полой трубы склонений*

что телескоп системы Ньютона, который положен в основу спрингфилдского телескопа, окажется не менее тяжелым и на немецкой и на вилочной монтировке, не говоря уже об английской. В то же время спрингфилдский телескоп значительно удобнее в работе.

ПУТЕШЕСТВИЕ ПО ПОДЗЕМНЫМ МОРЯМ

О проблемах сравнительно молодой науки — гидрогеологии — рассказывает А. К. Ларионов на страницах своей книги «Занимательная гидрогеология» (М., «Недра», 1979). Книга содержит 13 небольших глав, в которых автор в популярной форме дает характеристику основных источников воды на нашей планете. Особое внимание он уделяет подземным водам. Читатель узнает

о гигантских реках, текущих под Землей, озерах и даже морях, об их роли в геологической жизни Земли. Здесь и любопытные исторические факты, и сегодняшний день, и будущее гидрогеологии.

Несколько глав книги посвящено охране подземных вод. Запасы пресной воды на Земле стали истощаться, и одна из мер борьбы с возможным «водяным голодом» — это использование подземных вод для получения питьевой воды. Подземные воды применяются также в про-

мышленности, сельском хозяйстве, медицине. Автор рассказывает о целебных минеральных источниках Советского Союза, Чехословакии, Болгарии, о геотермальных подземных водах, которые используют для отопления и выращивания плодов.

Но порой вода становится врагом человека. Она затапливает рудники и шахты, а иногда даже целые города. Поэтому в книге рассказывается о мерах борьбы с этими стихийными бедствиями.

СТАТЬИ И ЗАМЕТКИ О ЛУНЕ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ В «ЗЕМЛЕ И ВСЕЛЕННОЙ» В 1965—1979 ГОДАХ

I. СТАТЬИ

- Аксенов Е. П. Искусственные спутники Луны 1966 г., № 5, с. 15—21
- Армстронг Н. (США) Исследование лунной поверхности 1970 г., № 5, с. 30—36
- Булеков В. П., Сурков Ю. А., Шварев В. В. Как взяла грунт автоматическая станция «Луна-16» 1971 г., № 2, с. 15—18
- Бурба Г. А. Полярные области Луны 1977 г., № 2, с. 42—44
- Виноградов А. П. О происхождении лунных пород 1970 г., № 3, с. 3—11
- Гаякин И. Н. Лунный сейсмический эксперимент 1973 г., № 5, с. 40—46
- Гольдовский Д. Ю. «Аполлон-15» ис- следует Луну 1972 г., № 2, с. 15—17
- Гольдовский Д. Ю. Некоторые научные итоги полета «Аполлона-16» 1973 г., № 1, с. 37—39
- Гольдовский Д. Ю. Научные итоги программы «Аполлон» 1973 г., № 5, с. 30—33
- Громов В. В., Леонович А. К., Шварев В. В. «Луноход-1» на Земле и на Луне 1971 г., № 3, с. 53—55
- Громов В. В., Леонович А. К., Шварев В. В. Лунный грунт по данному «Лунохода-1» 1972 г., № 2, с. 8—10
- Гурштейн А. А. О программах «Рейнджер» и «Сервейор» 1966 г., № 6, с. 30—37
- Ерошенко Е. Г. Магнетизм Луны 1975 г., № 5, с. 26—32
- Жарков В. Н., Берикашвили В. Ш. Проблемы сейсмических исследований на Луне 1965 г., № 6, с. 16—23
- Иванов А. В. Лунный реголит 1973 г., № 4, с. 26—30
- Кочаров Г. Е., Викторов С. В., Чесноков В. И. Спектрометр РИФ-МА-М на Луне 1976 г., № 5, с. 23—28
- Крупенио Н. Н. Радиолокация Луны с космических аппаратов 1975 г., № 2, с. 21—28
- Кузьмин Р. О. «Луноход-2» исследует Луну 1973 г., № 3, с. 34—39
- Кутузов И. А. Проблемы картографирования Луны 1975 г., № 5, с. 66—67
- Левин Б. Ю. Новое о термических свойствах Луны 1967 г., № 1, с. 51—53
- Левин Б. Ю., Маева С. В. Загадки происхождения и истории Луны 1975 г., № 1, с. 22—28
- Лейкин Г. А. Луна с точки зрения космонавта 1966 г., № 2, с. 36—43
- Михайлов А. А. Исследование Луны 1968 г., № 2, с. 2—13
- Нусинов М. Д., Черняк Ю. Б. Лунные стеклянные шарики — откуда они? 1976 г., № 1, с. 50—54
- Родионов Б. Н. Космическая съемка 1971 г., № 3, с. 59—64
- Родионова Ж. Ф. Новая карта Луны 1979 г., № 1, с. 30—33
- Рускол Е. Л. История системы Земля—Луна 1965 г., № 5, с. 2—10
- Рускол Е. Л. Катастрофы в ранней истории системы Земля—Луна 1970 г., № 3, с. 73—74
- Сафронов В. С. Лунные масконы 1970 г., № 3, с. 32—38
- Силин А. А., Шварев В. В. Взаимодействие лунного грунта с твердыми телами 1972 г., № 1, с. 27—29
- Сперанский К. Е. Лазерный отражатель на «Луноходе-1» 1971 г., № 3, с. 57—58
- Сурков Ю. А. Новое о лунном веществе 1967 г., № 6, с. 57—63

Тарасов Л. С., Иванов А. В., Стахеев Ю. И.	«Луна-16» о лунном грунте	1970 г., № 6, с. 2—4	Луна, уменьшенная в миллион раз К итогам научных исследований станции «Луна-10»	1969 г., № 4, с. 93—96 1967 г., № 1, с. 10—11
Тарасов Л. С., Базилевский А. Т.	Реголит из Моря Кризисов	1977 г., № 1, с. 18—23	Кратер Коперник «Луна-14» — четвертый советский искусственный спутник Луны	1972 г., № 5, с. 40—41 1968 г., № 3, с. 2
Тиндо И. П.	Рентгеновский те- лескоп на Луне	1972 г., № 2, с. 10—13	«Луна-18»	1971 г., № 5, с. 48
Фесенков В. Г.	Природа Луны	1966 г., № 5, с. 5—14	Лунная поверхность — индикатор метеоритной бомбардировки	1966 г., № 2, с. 47
Флоренский К. П.	«Луноход-1» о по- верхности Луны	1972 г., № 2, с. 6—8	Лунная пыль и земное оледенение Лунный метеорит	1976 г., № 5, с. 96 1971 г., № 3, с. 25
Черкасов И. И., Шварев В. В.	Первые результа- ты непосредствен- ных исследований грунта Луны	1968 г., № 2, с. 15—24	Лунный сейсмический эксперимент Луноход продолжает работать «Луноход-2» на Луне!	1972 г., № 5, с. 16 1971 г., № 4, с. 12 1973 г., № 1, с. 11
Чуйкова Н. А.	Фигура Луны	1973 г., № 5, с. 34—39	«Луноход-2»: программа первых лунных дней успешно выполнена	1973 г., № 2, с. 2
Шевченко В. В.	Астрономическая ориентировка на Луне	1968 г., № 1, с. 14—23	«Луноход-2»: день третий «Луноход-2»: день четвертый «Луноход-2» полностью выполнил программу	1973 г., № 3, с. 39 1973 г., № 4, с. 30 1973 г., № 4, с. 2
Шевченко В. В.	Луна: 15 лет кос- мических исследо- ваний	1975 г., № 3, с. 13—20	Магнитные аномалии и вращение Луны	1979 г., № 2, с. 48
Шевченко В. В.	Луна: космические и наземные иссле- дования	1979 г., № 1, с. 22—29	Макет участка лунной поверхности Метеорная опасность вблизи Луны	1966 г., № 6, с. 36 1969 г., № 3, с. 96
Юссон Ж. (Франция)	Лазерный экспери- мент на «Лунохо- де-1»	1972 г., № 2, с. 13—15	Можно ли увидеть искусственные спутники Луны?	1968 г., № 6, с. 15—16
			Названия на картах Луны Научная экспедиция на Луну Начало лунной сейсмологии Новая карта Луны Новая фотографическая карта ви- димого полушария Луны Новое в фотометрии Луны Новости лунной сейсмологии Новые карты Луны на XIII съезде Международного астрономическо- го союза	1972 г., № 5, с. 60—61 1970 г., № 1, с. 55 1971 г., № 3, с. 25 1966 г., № 2, с. 96 1967 г., № 3, с. 12—13 1968 г., № 2, с. 24 1978 г., № 4, с. 40—41 1968 г., № 1, с. 63—66
II. ЗАМЕТКИ			Новые названия лунных кратеров Новые фотографии обратной сто- роны Луны Новый искусственный спутник Лу- ны Новый метеоритный кратер на Лу- не!	1965 г., № 4, с. 48 1965 г., № 4, вкл. 1974 г., № 4, с. 2 1972 г., № 5, с. 16
	Возможные цвета деталей лунного рельефа	1967 г., № 1, с. 54	О дальнейших этапах программы «Аполлон»	1970 г., № 1, с. 56—58
	Геологическая карта лунного кра- тера Циолковский	1970 г., № 1, с. 65—66	Оранжевый грунт на Луне От «Луны-1» до «Луны-14»	1973 г., № 6, с. 35 1968 г., № 6, с. 40—42
	Горячие пятна на Луне	1965 г., № 5, с. 45	Палеокарта Луны	1972 г., № 5, с. 70
	Десять рабочих дней «Лунохо- да-1»	1971 г., № 5, с. 24	Панорамы, переданные самоход- ным аппаратом «Луноход-1»	1971 г., № 1, с. 2—3
	Загадка стеклянных шариков	1970 г., № 4, с. 45	Первые люди на Луне	1969 г., № 5, с. 4—5
	Загадок, связанных с Луной, не уменьшилось	1970 г., № 3, с. 11—12	Первые научные результаты поле- та «Аполлона-8»	1969 г., № 2, с. 15
	Залив Радуги	1973 г., № 2, с. 45	Перед шестой лунной ночью	1971 г., № 3, с. 55—57
	«Зонд-6» на трассе Земля—Луна— Земля	1969 г., № 1, с. 3	Полет «Аполлона-7»	1969 г., № 1, с. 78
	Измерение плотности лунной атмо- сферы	1972 г., № 6, с. 32	Полет «Аполлона-8»	1969 г., № 2, с. 14—15
	Инфракрасные измерения темпе- ратуры лунной поверхности	1966 г., № 3, с. 18	Полет «Аполлона-9»	1969 г., № 4, с. 17
	Инфракрасные изображения Луны	1967 г., № 6, с. 63—64		
	Как образовался кратер Дж. Бруно	1979 г., № 1, с. 33—34		
	Как разрабатывать горные породы на Луне	1966 г., № 1, с. 26		
	«Камнепады» на Луне	1977 г., № 5, с. 33		
	Карта Луны для астрономов-лю- бителей	1968 г., № 1, с. 90		

Полет «Аполлона-10»	1969 г., № 4, с. 17—18
Полет «Аполлона-13»	1970 г., № 4, с. 45
Полет «Аполлона-15»	1971 г., № 5, с. 25
Полет «Аполлона-16»	1972 г., № 4, с. 45
Полет «Луны-20» — новый выдающийся космический эксперимент	1972 г., № 2, с. 5
Полет советской автоматической станции «Зонд-7»	1969 г., № 6, с. 6—7
Полет советской автоматической станции «Луна-15»	1969 г., № 4, с. 18
Посадочная площадка «Аполлона-11»	1969 г., № 5, с. 14—15
После полета «Аполлона-11»	1970 г., № 1, с. 56
Последняя лунная экспедиция по программе «Аполлон»	1973 г., № 2, с. 15
Предварительные научные результаты полета «Аполлона-14»	1971 г., № 6, с. 27
Природа лунного альbedo	1975 г., № 1, с. 28
Природа V-образных хребтов на Луне	1975 г., № 3, с. 37
Проложена космическая трасса Земля—Луна—Земля	1968 г., № 6, с. 2—3
Расстояние между точками на Луне и на Земле	1970 г., № 2, с. 69
Руслу лунных рек?	1969 г., № 4, с. 31
Снимки поверхности Луны, полученные «Рейнджером-8 и -9»	1965 г., № 5, с. 64—65
Станции на Луне выключены	1978 г., № 4, с. 41
Старейший лунный камень	1971 г., № 1, с. 23
Стоячие волны на Луне	1970 г., № 2, с. 69
Таблица запусков советских автоматических станций к Луне	1979 г., № 1, с. 77—78
Талассоиды — новые образования на Луне	1967 г., № 2, с. 8
Термолюминесценция Луны	1967 г., № 5, с. 43
Топографический план места посадки «Луны-9»	1967 г., № 6, с. 64—65
Удар микрометеорита	1972 г., № 6, с. 60
Шкала относительных возрастов лунных кратеров	1969 г., № 1, с. 28

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

Художественный редактор: Л. Я. Шимкина

Корректоры: В. А. Володина, Т. Н. Морозова

Номер оформили: А. Г. Калашникова, А. Н. Ковалев, Е. К. Тенчурина

Сдано в набор 28.01.80. Подписано к печати 25.03.1980. Т-03983. Формат бумаги 84×108¹/₁₆.
Высокая печать. Усл.-печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 11,2. Бум. л. 2,5. Тираж 53 000 экз.
Заказ 2744. Цена 50 коп.

Издательство «Наука», 117864, ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90
2-я типография издательства «Наука», 121099, Москва Г-99, Шубинский пер., 10

3 МАЙ ИЮНЬ 1980 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

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

Редакционная коллегия:

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



СТАДИОН ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА: 1 — Дворец спорта, 2 — Малая спортивная арена, 3 — Большая спортивная арена, 4 — плавательный бассейн, 5 — универсальный спортзал.

ПРОСПЕКТ МИРА: 1 — крытый плавательный бассейн, 2 — крытый стадион.

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ПРОСПЕКТ: 1 — стадион «Динамо», Большая арена, 2 — Малая арена, 3 — стадион «Юных пионеров», 4 — Дворец спорта ЦСКА, 5 — футбольно-легкоатлетический комплекс, 6 — спортзал ЦСКА.

ОЛИМПИЙСКАЯ ДЕРЕВНЯ: 1 — сооружения Олимпийской деревни.

БИТЦЕВСКИЙ ЛЕСОПАРК: 1 — крытый манеж, 2 — крытый стадион, 3 — площадка для выездки.

СОКОЛЬНИКИ: 1 — Дворец спорта.

ИЗМАЙЛОВО: 1 — универсальный спортивный зал.

КРЫЛАТСКОЕ: 1 — кольцевая велотрасса, 2 — велотрек, 3 — поля для стрельбы из лука, 4 — Гребной канал.

МЫТИЩИ: 1 — стрельбище



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“
ЦЕНА 50 КОП
ИНДЕКС 70338



Земля и вселенная. 1980, № 3