

Земля и Вселенная

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА ●

3/84



Полет советско-индийского экипажа

В соответствии с договоренностью между правительствами Союза Советских Социалистических Республик и Республики Индии 3 апреля 1984 года в 17 ч 09 мин московского времени в Советском Союзе осуществлен запуск космического корабля «Союз Т-11».

Советский космический корабль пилотировал международный экипаж: командир корабля Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР **Юрий Васильевич Малышев**, бортинженер Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР **Геннадий Михайлович Стрекалов** и космонавт-исследователь гражданин Республики Индии **Ракеш Шарма**.

В программе полета — стыковка корабля «Союз Т-11» с орбитальным комплексом «Салют-7» — «Союз Т-10» и проведение совместных исследований и экспериментов с космонавтами Л. Д. Кизимом, В. А. Соловьевым и О. Ю. Атьковым, которые работали на околоземной орбите с 8 февраля 1984 года.

11 апреля 1984 года в 14 ч 50 мин московского времени после завершения программы совместных работ на борту научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-10» — «Союз Т-11» советско-индийский экипаж возвратился на Землю.

Успешно заверченный космический полет явился новым вкладом в дальнейшее развитие советско-индийских дружественных отношений, еще раз продемонстрировал, что освоение космического пространства Советским Союзом в рамках национальной программы и в содружестве с другими государствами проводится в мирных целях на благо всего человечества.

(По материалам сообщений ТАСС)

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

Земля и Вселенная

• МАЙ • ИЮНЬ • 3/84

В номере:

Ляхов В. А., Александров А. П. — 150-суточный космический полет	5
Феонтистов К. П., Лонгов А. А. — «Салют-7»: космические будни	10
Тучкевич В. М., Семенов Ю. П., Гуревич С. Б. — Голография осваивает космос	17
Ефремов Ю. Н. — Природа спиральных рукавов галактики	25
Волостных Б. В. — Металлы — из морской воды	35
ЛЮДИ НАУКИ	
Липунов В. М., Хохлов А. М. — Астрофизики — Нобелевские лауреаты	42
Гребенинов Е. А. — Леонард Эйлер — великий астроном	46
НАШИ ИНТЕРВЬЮ	52
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ	
Озмидов Р. В. — Здоровье океана — наблюдение и охрана	57
Конторович В. М. — Всесоюзная конференция радиоастрономов	61
Дубкова С. И., Радзиевский В. В. — Первые Бредихинские чтения	64
МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ ПРОГРАММЫ	
Повзнер А. Д. — Международные геофизические проекты Рыхлова Л. В. — Проект МЕРИТ	70
ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ	
Плахотник А. Ф. — «Генеральная карта Российской империи»	80
ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ	
Симоненко А. Н. — Есть ли атмосферы у астероидов?	85
ЭКСПЕДИЦИИ	
Житковский Ю. Ю. — Акустические исследования в океане	88
ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ	
Гришин Ю. А. — Астрограф с автоматическим гидрированием	95
ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ	
Неяченко И. И. — Лев	101
КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ	
Чекалина Т. И. — Атлас по космическому землеведению	102
Мурзаев Э. М. — Рассказ о пустыне	104
Матвеев Л. И. — Радиоволны о Вселенной	106
Лейкин Г. А. — «Внутреннее строение Земли и планет»	108
ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	
НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ	111

На орбите «Салют — 7» [2]; Собственные движения пульсаров [24]; Радиогалактика в созвездии Геркулеса [33]; Черная дыра в Большом Магеллановом Облаке? [33]; Формирующиеся планетные системы? [34]; Гидротермы на Байкале [41]; Новые книги [41, 56, 60, 69]; Премия Московского комсомола — молодым астрономам [50]; Окись углерода в земной атмосфере [60]; Геминга и пульсации Солнца [67]; «Сверхоболочка» в созвездии Лебедя [68]; Очередные рейсы «Гломара Челленджера» [87]; Рейсы кораблей науки [93]; Вместо сферы — многогранник [98]; Лунные кратеры — у нас дома [112].



На орбите «Салют-7»

Как уже знают наши читатели, 9 февраля 1984 года был запущен космический корабль «Союз Т-10», пилотируемый экипажем в составе командира корабля Героя Советского Союза летчика-космонавта СССР полковника Л. Д. Кизима, бортинженера В. А. Соловьева и космонавта-исследователя О. Ю. Атькова.

Леонид Денисович Кизим родился 5 августа 1941 года в городе Красный Лиман Донецкой области. После окончания в 1963 году Черниговского высшего военного авиационного училища летчиков служил в Военно-Воздушных Силах. В отряд космонавтов Леонид Денисович был зачислен в 1965 году. Л. Д. Кизим — член Коммунистической партии Советского Союза с 1966 года. В 1975 году без отрыва от основной работы он закончил

Военно-воздушную академию имени Ю. А. Гагарина.

Свой первый полет Л. Д. Кизим совершил в качестве командира корабля «Союз Т-3» и орбитальной станции «Салют-6» в 1980 году.

Владимир Алексеевич Соловьев родился 11 ноября 1946 года в Москве. В 1970 году после окончания Московского высшего технического училища имени Баумана он работал в конструкторском бюро, где принимал участие в создании новых образцов космической техники. В. А. Соловьев — член Коммунистической партии Советского Союза с 1977 года. В отряд космонавтов был зачислен в 1978 году. Прошел полный курс подготовки к полету на космическом корабле «Союз Т» и орбитальной станции «Салют».

В. А. Соловьев готовился

также к полету советско-французского экипажа в качестве бортинженера.

Олег Юрьевич Атьков родился 9 мая 1949 года в селе Хворостянка Хворостянского района Куйбышевской области. В 1973 году он закончил Первый московский медицинский институт имени Сеченова, затем обучался в ординатуре и аспирантуре Научно-исследо-

На снимках — экипаж космического корабля «Союз Т-10» (слева направо): командир корабля летчик-космонавт СССР Герой Советского Союза полковник Леонид Денисович Кизим; бортинженер Владимир Алексеевич Соловьев; космонавт-исследователь, врач, кандидат медицинских наук Олег Юрьевич Атьков (Фотохроника ТАСС)



вательского института кардиологии Всесоюзного кардиологического научного центра Академии медицинских наук СССР. О. Ю. Атьков — член Коммунистической партии Советского Союза с 1977 года. Кандидат медицинских наук Олег Юрьевич Атьков — автор нескольких изобретений и ряда научных работ. В 1978 году ему была присуждена премия Ленинского комсомола.

К космическим полетам О. Ю. Атьков начал готовиться с 1977 года. Прошел полный курс подготовки к полету на корабле «Союз Т» и станции «Салют» в качестве космонавта-исследователя.

Осуществив 9 февраля 1984 года в 17 ч 43 мин московского времени стыковку космического корабля «Союз Т-10» с орбитальной станцией «Салют-7», Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков перешли в помещение станции и приступили к запланированным работам.

В последующие дни космонавты выполнили заключительные мероприятия по расконсервации станции «Салют-7». Они привели в рабочее состояние систему регенерации воды из атмосферной влаги, заменили ряд вентиляторов, осмотрели иллюминаторы, проверили функционирование системы ориентации и управления движением орбитального комплекса в различных режимах полета.

Экипаж завершил расконсервацию научной аппаратуры и выполнил первую серию геофизических исследований. С помощью аппаратов МКФ-6М и КАТЭ-140 проведена фотосъемка отдельных районов территории Дальнего Востока и Приморья.

В целях оценки параметров атмосферы, непосредственно

окружающей станцию, изучения атмосферы Земли и ионосферы выполнен ряд экспериментов с использованием масс-спектрометрической аппаратуры «Астра-1».

В соответствии с программой обеспечения дальнейшего функционирования орбитальной научной станции «Салют-7» 21 февраля 1984 года в 09 ч 46 мин московского времени в Советском Союзе произведен запуск автоматического грузового корабля «Прогресс-19». 23 февраля 1984 года в 11 ч 21 мин московского времени была осуществлена автоматическая стыковка «Прогресса-19» с орбитальным пилотируемым комплексом «Салют-7» — «Союз Т-10». Грузовой корабль пристыковался к станции со стороны ее агрегатного отсека.

Корабль «Прогресс-19» доставил на орбиту топливо для объединенной двигательной установки станции, оборудование, аппаратуру, материалы для проведения научных исследований и обеспечения жизнедеятельности экипажа, а также почту.

В целях дальнейшего изучения межпланетной среды, галактических и внегалактических источников излучения 24 февраля была проведена фотосъемка кометы Кроммеллина.

Для получения информации о потоках гамма-излучения и заряженных частиц в околоземном космическом пространстве экипаж подготовил к работе малогабаритный гамма-телескоп «Елена» и провел первые эксперименты.

25 и 26 февраля с использованием двигательной установки грузового корабля были проведены коррекции траектории движения научно-исследовательского комплекса «Са-

лют-7» — «Союз Т-10» — «Прогресс-19».

27 февраля космонавты начали очередную серию комплексных исследований земной поверхности в интересах решения народнохозяйственных и научных задач. Фотосъемка и спектрометрирование выполнялись при полете орбитального комплекса над районами Кавказа, Закавказья, Сибири.

За последующую неделю экипаж выполнил большой объем работ с транспортным кораблем «Прогресс-19». Доставленные на станцию грузы космонавты установили на штатные места, а освободившийся отсек корабля загрузили использованным оборудованием. С помощью системы «Родник» произведена перекачка воды в емкости станции, дозавезены окислителем баки объединенной двигательной установки.

В соответствии с программой космического материаловедения проведена серия экспериментов с использованием аппаратуры «Испаритель», предназначенной для нанесения металлических покрытий на образцы методом испарения и последующей конденсации в условиях космического вакуума и невесомости. Рабочий блок испарителя в ходе экспериментов находился в разгерметизированной шлюзовой камере, а управление его работой осуществлялось с пультa, находящегося внутри станции.

12 марта у экипажа был очередной медицинский день. По результатам обследования, в ходе которого проводилось исследование сердечно-сосудистой системы космонавтов, состояние здоровья Л. Кизима, В. Соловьева и О. Атькова было хорошим.

В последующие дни программа работ экипажа вклю-



Успешно осуществив 9 февраля 1984 года стыковку «Союза Т-10» с орбитальной станцией «Салют-7», космонавты начали обживать свой космический дом. На снимке (слева направо): космонавты Л. Д. Кизим, О. Ю. Атьков и В. А. Соловьев на борту космического комплекса «Салют-7» — «Союз Т-10» (Фотохроника ТАСС. Снимок получен по телекосмической связи)

чала проведение технических экспериментов, медицинские исследования, визуально-инструментальные наблюдения Земли в целях получения информации о природных ресурсах и состоянии окружающей среды.

16 марта космонавты вели подготовку научной аппаратуры к предстоящим экспериментам, продолжали загрузку освободившегося отсека корабля «Прогресс-19» отработавшим оборудованием. Неотъемлемой частью распорядка дня на борту орбитального

комплекса были занятия физическими упражнениями.

По завершении откачки сжато азота из топливных баков объединенной двигательной установки станции произведена их дозаправка горючим.

В последующие дни Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков провели ряд геофизических и медицинских исследований, занимались подготовкой рабочих мест и научной аппаратуры к предстоящим экспериментам в составе советско-индийского экипажа.

По программе изучения природных ресурсов Земли космонавты выполнили цикл детальных наблюдений акватории Мирового океана, в которых наряду с фото- и спектрометрической аппаратурой использовался визуальный ручной колориметр «Цвет-1».

Для выбора оптимального комплекса физических упражнений и повышения их эффективности в невесомости проводился эксперимент «Спорт».

В ходе этого эксперимента определялись уровень физической работоспособности космонавтов, состояние сердечно-сосудистой и двигательной систем в зависимости от напряженности тренировок, методов и средств их выполнения.

31 марта в 12 ч 40 мин московского времени было произведено отделение автоматического транспортного корабля «Прогресс-19» от орбитального комплекса «Салют-7» — «Союз Т-10». Процесс расстыковки и отход грузового корабля контролировались специалистами Центра управления, а также космонавтами Л. Д. Кизимом, В. А. Соловьевым и О. Ю. Атьковым.

1-го апреля космонавтам был предоставлен день отдыха, а на следующий день они выполняли эксперименты с масс-спектрометрической аппаратурой «Астра-1», вели визуальные наблюдения земной поверхности, занимались техническим обслуживанием станции «Салют-7». На борту комплекса была завершена подготовка к исследованиям по программе полета советско-индийского экипажа. Космонавты оборудовали места для работы и отдыха, проверили функционирование научной аппаратуры, предназначенной для проведения совместных экспериментов. В тот же день по командам из Центра управления грузовой корабль «Прогресс-19» был сориентирован в пространстве, и в 22 ч 18 мин московского времени включилась его двигательная установка. В результате торможения корабль «Прогресс-19» перешел на траекторию спуска, вошел в плотные слои атмосферы над заданным районом Тихого океана и прекратил существование.

Продолжение следует
(По материалам ТАСС)



Больше десяти тысяч витков сделала в космосе орбитальная станция «Салют-7». Первая длительная экспедиция на станцию в составе космонавтов А. Н. Березового и В. В. Лебедева работала в космосе 211 суток. Публикуемые ниже статьи посвящены второй длительной экспедиции на эту орбитальную станцию, ставшую настоящей производственной базой на космической орбите.

Дважды Герой Советского Союза
летчик-космонавт СССР
В. А. ЛЯХОВ
Герой Советского Союза
летчик-космонавт СССР
А. П. АЛЕКСАНДРОВ

150-суточный космический полет

Во время второй экспедиции на станцию «Салют-7» космонавты В. А. Ляхов и А. П. Александров выполнили более 300 экспериментов. Это были эксперименты по астрономии, геофизике, медицине, биотехнологии, биологии, а также визуальные наблюдения с целью изучения природных ресурсов Земли. Как и всегда, во время полета проводились технические эксперименты.

ЗАДАЧИ ПОЛЕТА

Внешне станция «Салют-7» похожа на свою предшественницу «Салют-6», однако многие системы в ней значительно доработаны. Усовершенствование ее систем было направлено на повышение надежности, расширение автоматизации управления и программы научных исследований, создание более комфортных условий для экипажа. Но дело не только в усовершенствовании. Станция создавалась как многопрофильный орбитальный объект, и заложенные в ней возможности раскрывались по ходу выполнения программ работы двух экспедиций. Новая станция отличается от своей предшественницы еще и тем, что это уже не только научно-исследовательская, но и производственная база на космической орбите.

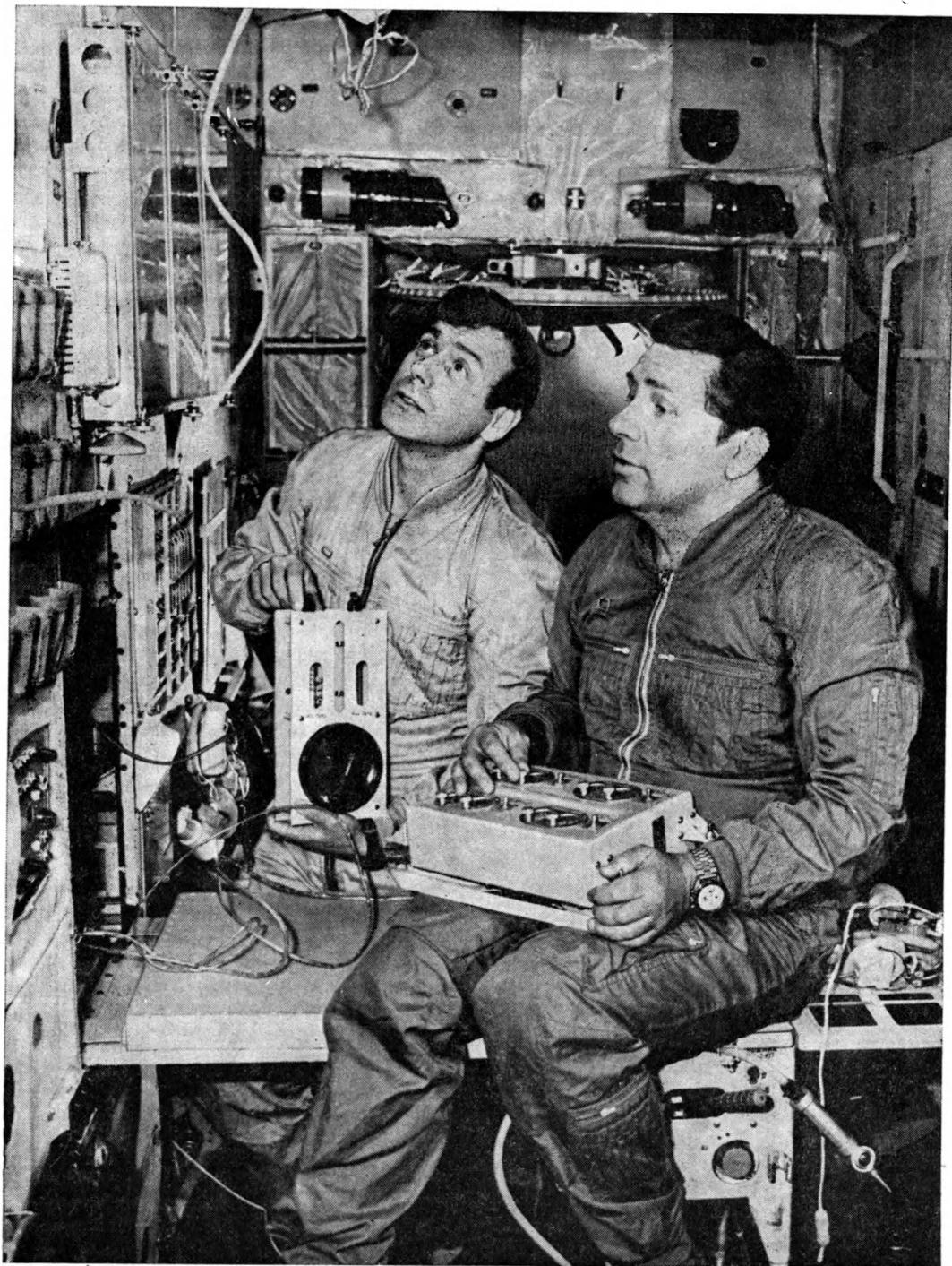
Работа первой 211-суточной экспедиции на

борту станции «Салют-7» в составе А. Н. Березового и В. В. Лебедева (13 мая—10 декабря 1982 года), рекордная по продолжительности, показала, что есть резервы для увеличения длительности полетов и числа их участников, а это важно для дальнейшего планирования космических исследований.

Цель нашей экспедиции заключалась не в том, чтобы увеличить срок пребывания человека в космосе. Задачи имели больше техническую направленность, в частности, предусматривалось увеличение энергетических возможностей станции путем наращивания солнечных батарей. А проведение таких работ связано с выходом в космос. Поэтому одним из главных вопросов в подготовке экспедиции был вопрос обеспечения выхода и проведения монтажно-сборочных операций в открытом космосе.

Таким образом, целевая направленность нашей программы учитывала интересы дальнейшего развития и совершенствования космической техники. И, конечно, как всегда, предусматривала значительный объем работ в интересах фундаментальных наук и различных отраслей народного хозяйства.

Организация и техническое обеспечение работы нашей экспедиции отличались от полета А. Н. Березового и В. В. Лебедева. Прежде всего корабль-спутник «Космос-1443» значительно расширил поле деятельности экипажа при проведении экспериментов. Двигатели этого корабля-спутника неоднократно раз-



Тренировка экипажа на борту учебно-тренировочного манета станции «Салют-7». В. А. Ляхов и А. П. Александров работают с научным оборудованием

ворачивали весь комплекс и подолгу удерживали его с большой точностью в положении, удобном для проведения геофизических, технических, астрофизических наблюдений. «Космос-1443» много раз использовался и как буксир для коррекции орбиты станции. Например, в самом начале работы, еще во время нашего полета на корабле «Союз Т-9», с помощью «Космоса-1443» станция была не только переведена на нужную для стыковки орбиту, но и удерживалась в положении, удобном для причаливания нашего корабля. «Космос-1443» доставил на орбиту различное оборудование, расходные материалы, дополнительные секции солнечных батарей, предназначенные для монтажа в космосе (в состыкованном виде орбитальный комплекс «Салют-7» — «Союз Т-9» — «Космос-1443» имел длину 35 м, а массу — 47 т).

ЭКСПЕРИМЕНТЫ В КОСМОСЕ

На борту «Салюта-7» исследовался процесс прямого воздействия открытого космоса на различные конструкционные материалы. В отличие от предыдущих экспериментов, когда образцы изучались уже на Земле, здесь первичная обработка материала проходила на борту станции. Сначала исследуемые образцы композиционных материалов экспонировались разное время в открытом космосе, затем возвращались внутрь станции. Здесь на специальном приборе «Электротопограф», применяя неразрушающий электротопографический метод, исследовались изменения состояния поверхности образцов. Фотопленки, на которых были запечатлены результаты этого эксперимента, доставил на Землю возвращаемый аппарат «Космос-1443». Затем мы вели наблюдения по несколько измененной методике. Надеемся, что эти исследования помогут создателям космической техники при выборе того или иного материала.

В технологических экспериментах во время нашего полета использовалась усовершенствованная аппаратура «Пион-М» и голографическая установка КГА-2. В предыдущих полетах это были установки «Кристалл», «Сплав», «Корунд». На них получены кристаллы различных полупроводников в закрытых ампулах, но нельзя было заглянуть в саму ампулу, увидеть, как протекает процесс кристаллизации в условиях невесомости. В приборах же, которые мы использовали во второй экспедиции, процесс шел в прозрачных кюветах и

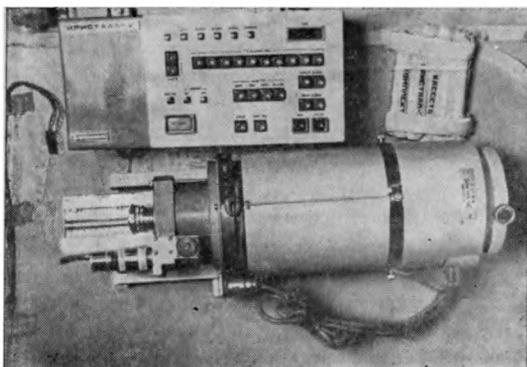
постоянно фиксировался как на кинофотопленку, так и голографическим методом.

Кроме фотопленок и голограмм, на которых отображены процессы, протекающие при нагреве в жидких средах, мы отправили на Землю кристаллы, полученные методом, широко распространенным в земной технологии: вытягивание кристалла из расплава через формообразователь. Теперь, когда мы провели эту работу, специалисты склонны считать метод перспективным для получения уникальных полупроводников на околоземной орбите.

Во время полета мы продолжили эксперименты под общим названием «Таврия». Суть их заключается в получении особо чистых биологически активных веществ методом электрофореза. Начал эти эксперименты на «Салюте-7» экипаж Л. И. Попова, А. А. Серебров и С. Е. Савицкой. Тогда на Землю были доставлены только материалы фоторегистрации процесса. Затем А. Н. Березовой и В. В. Лебедев продолжили исследования и привезли с собой уже компоненты разделенного в космосе вещества. В ходе проведенной ранее программы «Таврия» удалось решить ряд технических проблем, не встречавшихся ранее в отечественной практике. Была разработана новая конструкция электрофоретической установки, уникальной в области очистки биологических веществ методом электрофореза.

Наш экипаж продолжил работу по этой интересной программе. Получено восемь ампул особо чистых противовирусных препаратов — антигенов вируса гриппа. Особенно приятно отметить, что эта работа выполнена по заказу одного из крупнейших институтов страны в области эпидемиологии — Научно-исследовательского института эпидемиологии, микробиологии и гигиены имени Пастера — и уже обеспечила его годовую потребность в таких препаратах, необходимых для проведения экспериментальных работ. Так начали систематически получать на орбите особо чистые вещества для нужд медицинской науки и практики.

Потребность в таких веществах сейчас особенно острая. Известно, что из-за примесей, вызывающих различные аллергические заболевания, противогриппозные сыворотки не дают детям, ограничена их доза и для взрослых. К сожалению, в земных условиях невозможно создать препараты нужной чистоты, чистота же веществ, полученных на орбите, превышает земную примерно в 10—15 раз. К тому же производительность электрофореза

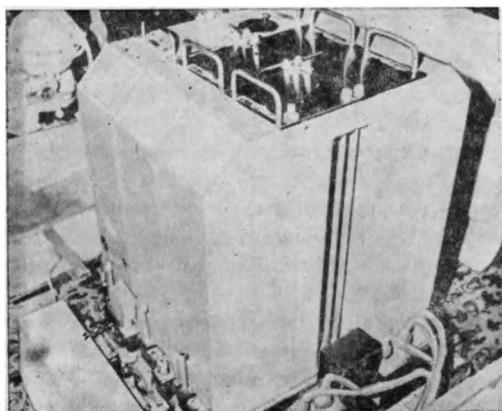


**Общий вид
технологической установки «Кристалл»**

тической установки, работающей в невесомости, в несколько сот раз выше, чем на Земле. В полете мы продолжили эксперимент «Гель», также связанный с практическими задачами получения особо чистых биологических веществ на космической орбите.

Вели мы и биологические исследования. А. Н. Березовой и В. В. Лебедев впервые на орбите вырастили семена высших растений, которые оказались жизнеспособными. И перед исследователями встали новые вопросы, связанные с отработкой технологии культивирования растений на борту космической станции. Мы провели полный монтаж биологической установки «Оазис» с применением электро-

**Многоканальный фотоаппарат МКФ-6М
для съемки земной поверхности
в различных диапазонах спектра**



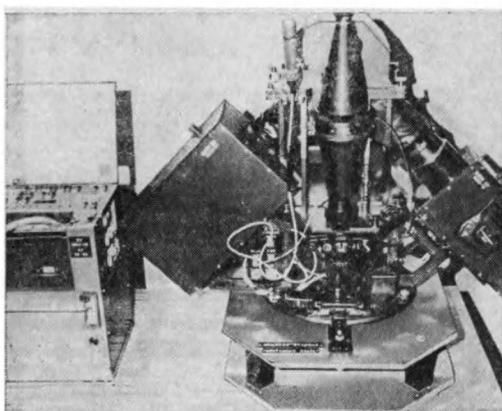
стимулирования растений, воздействием на их электрохимического потенциала. Можно надеяться, что когда-нибудь такие установки будут не только монтироваться на орбите, но и растения, выращиваемые в них, космонавты будут употреблять в пищу.

По программе геофизических экспериментов мы фотографировали земную поверхность. Стационарными фотоаппаратами МКФ-6М и КАТЭ-140 сделали более 20 тыс. снимков. На них запечатлено около 300 млн. км² суши и Мирового океана.

Геофизические исследования проводились по комплексной программе. Примером может служить эксперимент «Черное море». Здесь фото- и спектральная аппаратура использовалась на различных высотах. Мы вели съемку из космоса. Синхронно с нами на самолете и кораблях с той же аппаратурой работали ученые ГДР, МНР, НРБ, ПНР, СРР и СССР. Задача эксперимента — отработка методики исследований океана из космоса, в ходе его накоплен интересный опыт применения спектрометра МКС-М, разработанного специалистами ГДР. Прибор имеет два блока. С помощью одного изучается океан, другой нацелен на исследование атмосферы, которая, как известно, служит главной помехой при геофизических экспериментах на орбите. Сопоставление данных позволит исключить эту помеху.

В длительных полетах особое место занимают визуальные наблюдения земной поверх-

**Спектрометр МКС-М, разработанный
специалистами ГДР.
Позволяет
давать спектральную информацию
для более детального дешифрирования
снимков земной поверхности**



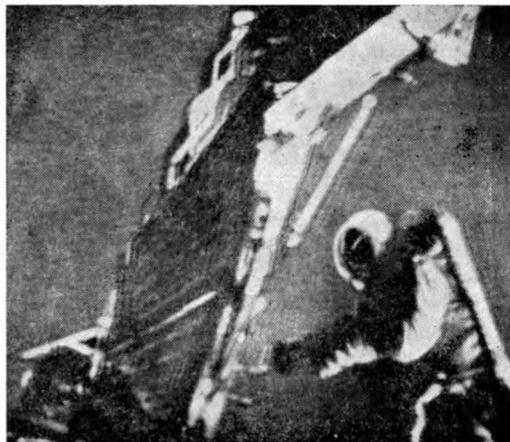
ности, мы их вели с большим интересом. Основываясь на визуальных наблюдениях, мы передали около 20 сообщений для геологов, океанологов, метеорологов, специалистов сельского хозяйства. По программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера» провели наблюдения не только биологических заповедников на территории нашей страны, но и национальных заповедников Южной Америки, Африки, Австралии.

Для проведения астрофизических экспериментов использовался гамма-телескоп «Елена», впервые появившийся на «Салюте-6». Наиболее интересным в нашем полете было открытие потоков высокоэнергичных электронов во внутреннем радиационном поясе Земли, отроги которого орбита станции пересекает в районе Бразильской аномалии. Нам предстояло собрать материал для детального исследования потоков этих ранее открытых частиц. В общей сложности гамма-телескоп проработал более 300 часов. Второй задачей при работе с гамма-телескопом «Елена» было изучение условий, которые необходимо знать создателям будущих светосильных гамма-телескопов.

МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ

Наиболее важной по научно-практическому результату и яркой по эмоциональной окраске стала работа в открытом космосе, когда наращивались дополнительные солнечные батареи. 1 и 3 ноября 1983 года экипаж осуществил два выхода из станции в космическое пространство, общая продолжительность пребывания в открытом космосе составила 5 часов 45 минут. Монтажные работы с дополнительными секциями солнечных батарей повысили мощность системы электропитания станции и к тому же подтвердили перспективность разработанной технологии сборки крупногабаритных конструкций в космических условиях, правильность принятых конструктивных решений и методики проведения работ. Установленные нами с двух сторон от основной солнечной батареи дополнительные панели в 1,5 раза увеличили ее мощность.

Такая работа в космосе осуществлялась впервые. Поэтому еще на Земле тщательно отработывалась каждая операция, тренировки проводились в реальном масштабе времени в гидробассейне. Тренировки в гидросреде в условиях моделированной невесомости по ха-



А. П. Александров в открытом космосе монтирует дополнительные секции солнечных батарей

рактеру выполняемых операций больше всего похожи на условия работы в космосе. Тренировочные операции отрабатываются с макетами в натуральную величину, космонавты одеты в скафандры. При этом временные показатели и физические энергозатраты того же порядка, что и в космосе.

Когда мы монтировали в космосе солнечные батареи, синхронно с нами аналогичную работу в гидролаборатории выполняла группа испытателей, которая готовила нас. В случае затруднений дублирующая группа могла оказать нам помощь своими рекомендациями. Специалисты спланировали работу так, что основные, наиболее ответственные операции мы проводили в зонах радиовидимости на световой части орбиты, держа непосредственную связь с группой, работавшей в гидролаборатории.

Наращивание солнечных батарей открывает реальные перспективы монтажных и сборочных работ в космосе. Тем, кому предстоит работать в открытом космосе, мы постараемся передать приобретенный опыт, но придется, разумеется, внести определенные коррективы в ход тренировки и методику работы.

В ходе полета экипаж выполнял эксперименты и исследования, корректировал орбиту комплекса, осуществлял тестовые проверки режимов ориентации и другие динамические операции. Кроме того, были выполнены необходимые операции по обеспечению стыко-



«Салют-7»: космические будни

Станция «Салют-7» отличается от «Салютов» первого поколения тем, что на ней установлен второй стыковочный узел, позволяющий снабжать станцию всем необходимым для жизнедеятельности, применена объединенная двигательная установка, рассчитанная на многократную заправку и длительное хранение топлива, значительно улучшена комфортность. Особенно интересным с инженерной точки зрения стало выполнение программы второй длительной экспедиции на станцию «Салют-7».

ЗАЧЕМ ЛЕТАЮТ В КОСМОС?

Часто возникает вопрос: так ли уж необходимо сегодня длительное присутствие человека в космосе? Ведь создание автоматических аппаратов обходится дешевле, чем создание и эксплуатация больших орбитальных комплексов. Можно приводить множество доводов как в пользу автоматических средств, так и в пользу долговременных обитаемых комплексов (Земля и Вселенная, 1984, № 2, с. 19.—Ред.). И все же нельзя достаточно

эффективно решать исследовательские задачи, обходясь одними автоматами. Длительные космические орбитальные полеты необходимы. Человек обладает уникальными возможностями: он по-прежнему незаменим, когда нужно проанализировать быстро меняющиеся ситуации, принять неординарные решения, изменить условия проведения экспериментов, отрегулировать оборудование, оперативно вмешаться в происходящие процессы, наконец, провести ремонтные и профилактические работы с системами станции.

Условно все задачи, решаемые на борту орбитального комплекса, можно разбить на четыре группы.

Первая группа, самая большая и разнообразная, охватывает многочисленные исследования, эксперименты и испытания научного оборудования. В рамках ее изучаются явления на земной поверхности, в атмосфере Земли, в ближнем и дальнем космосе, а также процессы внутри живых организмов.

Вторая группа задач включает элементы промышленного производства, то есть получение — пусть пока и в небольших количествах — кристаллов и различных сплавов, лекарственных препаратов. Сюда же входят наблюдения за поверхностью Земли по заказам различных отраслей народного хозяйства, ко-

вок и расстыковок с транспортными грузовыми кораблями.

Большая продолжительность полета также требовала от нас выполнения комплекса профилактических мероприятий при подготовке к возвращению на Землю. Такой комплекс мероприятий, опыт предыдущих длительных полетов, установленная на станции медицинская аппаратура — все это позволило нам и

специалистам на Земле достаточно полно контролировать и оценивать состояние нашего здоровья и в течение всего полета поддерживать на хорошем уровне работоспособность. Экипаж провел свыше ста медицинских обследований и экспериментов.

Физическая нагрузка дозировалась на каждом этапе в зависимости от задач, которые в этот период выполнял экипаж. К концу

торое за счет этих работ уже сегодня получает значительную экономию средств.

К третьей группе следует отнести изучение человеческого организма в условиях космического полета, определение допустимой длительности пребывания живого организма в невесомости и оптимальной продолжительности работы человека в космосе с сохранением высокой работоспособности, а также уточнение оптимальных условий труда и отдыха экипажа, анализ психологических факторов, возникающих при длительных полетах в ограниченном пространстве станции, и других медико-биологических вопросов.

К четвертой группе относятся задачи, связанные с совершенствованием космической техники, расширением круга задач, решаемых пилотируемыми космическими аппаратами, путем изменения первоначальной конструкции, восстановления работоспособности узлов и агрегатов станции.

ЧЕЛОВЕК В НЕВЕСОМОСТИ

23 ноября 1983 года закончилась вторая длительная экспедиция на орбитальную станцию «Салют-7», запущенную 19 апреля 1982 года. Программа полета предусматривала работы, относящиеся ко всем четырем перечисленным группам.

Предыдущая экспедиция (А. Н. Березовой и В. В. Лебедев) стала рекордной по продолжительности — космонавты провели на станции «Салют-7» 211 суток (Земля и Вселенная, 1983, № 5, с. 9; № 6, с. 18.— Ред.). Все это время врачи изучали воздействие космических факторов на человеческий организм: изменения в крови человека и костной ткани, влияние невесомости на зрение, слух. Пока нельзя еще с уверенностью назвать все причины, которые вызывают эти временные

полета она была увеличена. Наш режим труда и отдыха строился на основе 5-дневной рабочей недели с двумя днями отдыха. Психологический климат в экипаже был благоприятным, этому способствовали еженедельные встречи в сеансах связи с семьями, друзьями, популярными артистами. Такие мероприятия организовывала для нас группа психологической поддержки.

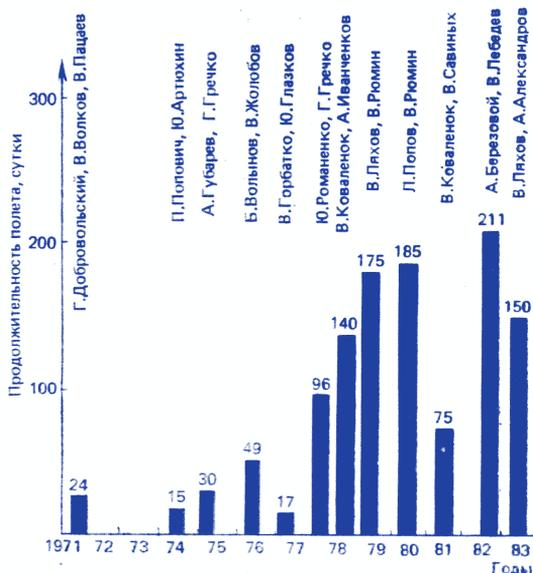
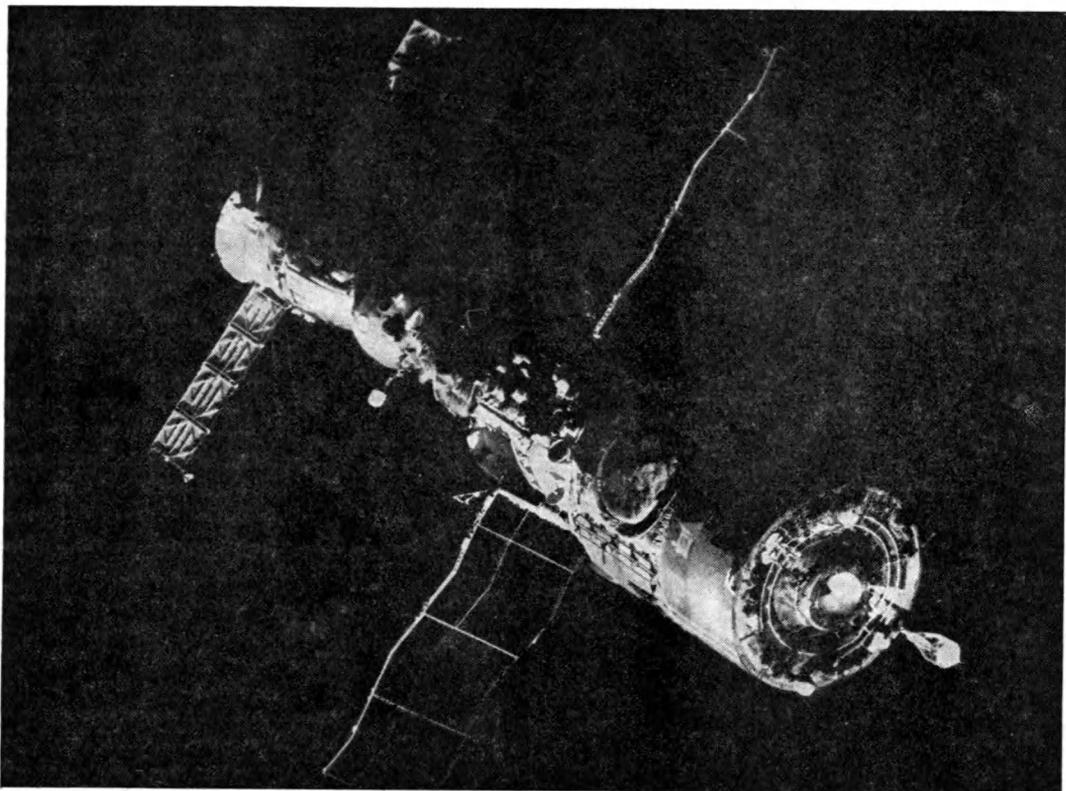


Диаграмма продолжительности полетов экспедиций на станциях «Салют»

изменения в организме. Однако, опираясь на опыт предыдущих экспедиций, врачи и инженеры добились значительных успехов в уменьшении неприятных последствий невесомости во время полета.

Перед экипажем второй экспедиции на станцию «Салют-7» — В. А. Ляховым и А. П. Александровым — стояла иная задача. Инженерам и врачам хотелось найти ту «золотую середину», когда экипаж максимально загружен работой в течение рабочего дня и в то же время сохраняет высокую работоспособность на протяжении всего полета. Хотелось понять, какой цикл труда и отдыха предпочтительней — недельный или, может быть, такой, при

За 150 суток работы в космосе сделано много, и мы надеемся, что результаты этой работы найдут применение во многих областях науки и народного хозяйства, послужат основой дальнейшего совершенствования космической техники и методов ее применения.



**Внешний вид
комплекса «Салют-7» — «Союз Т-6»**

котором три дня работы перемежаются днем отдыха. Сколько дней отдыха должно быть в неделю — два или достаточно одного? Целесообразно ли смещать циклы «сон-бодрствование» в течение суток? Для экипажа второй экспедиции планировались и «ночные» работы, и работы с увеличенной рабочей зоной в течение суток, и серия ответственных операций с высокой эмоциональной нагрузкой, планировались рабочие зоны с частыми переключениями от одного вида деятельности к другому и рабочие зоны, когда экипаж занимался только одной работой (например, выход в открытый космос). И все это время за состоянием экипажа велось наблюдение.

В. А. Ляхов и А. П. Александров успешно справились с возложенными на них обязанностями. Результаты завершившегося полета дают возможность оценить достоинства и недостатки выбранной схемы режима труда и отдыха, использовать опыт космонавтов, когда

будут составляться программы новых экспедиций, уточняящие и продолжительность полета, и загруженность экипажа, чтобы сохранялась его высокая работоспособность.

Как известно, перед второй экспедицией на станцию «Салют-7» 10 марта 1983 года к ней автоматически пристыковался тяжелый грузовой корабль-спутник «Космос-1443». Тем самым были решены три основные задачи: доставка на станцию около 2800 кг грузов (сменных элементов системы обеспечения жизнедеятельности, научного оборудования, оборудования для профилактического обслуживания и ремонта станции и др.); возвращение на Землю результатов экспериментов и исследований, а также научной аппаратуры, подлежащей исследованию на Земле; выполнение маневров на орбите, позволяющих по-новому ориентировать комплекс, чтобы проводить различные эксперименты.

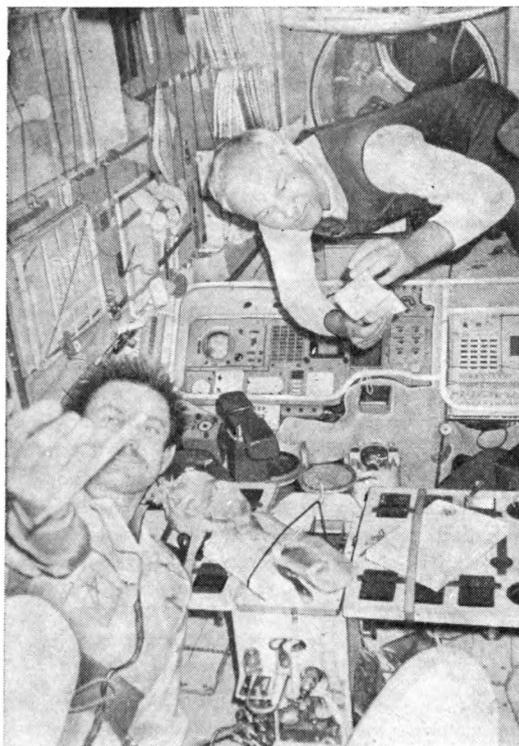
Все это в принципе выполнимо и посредством транспортных кораблей типа «Союз» и «Прогресс». Но возможностей у них, конечно, меньше. Ведь, помимо прочего, корабль-спутник «Космос-1443» использовался и как спе-

циальный модуль-буксир, модуль-двигатель. Имея в своих баках 3000 кг топлива, он на длительное время брал на себя функции двигательной установки и системы управления орбитального комплекса. Если отвлечься от рассматриваемой экспедиции и немного фантазировать, можно представить себе, как в недалеком будущем подобные модули станут выполнять не только функции двигательной установки или системы управления, но и функции системы энергопитания, системы жизнеобеспечения, будут модули-заводы, исследовательские модули.

Расширилась область применения грузового корабля «Прогресс». Он служил для тестовых проверок системы дозаправки объединенной двигательной установки, системы сближения, использовался как объект для экспериментов. Здесь важно и то, что «Прогрессы» приходят к станции регулярно, а это позволяет оснащать их каждый раз новым необходимым оборудованием.

Другая интересная работа, открывающая перспективы в развитии орбитальных комплексов, — установка дополнительных солнечных батарей. Уже сама по себе задача восстановления и, в случае необходимости, увеличения эффективности солнечных батарей заманчива с инженерной точки зрения. Известно, что под воздействием ультрафиолетового излучения, метеорных потоков солнечные батареи постепенно теряют свои качества. И перед конструкторами встает задача: либо компенсировать потерю эффективности солнечных батарей, сознательно завышая (сверх необходимого значения) их расчетную первоначальную площадь, чтобы они безотказно работали, пока функционирует космический аппарат; либо, по мере необходимости, подвозить и наращивать панели солнечных батарей, тем самым поддерживая требуемую мощность в бортовой системе энергоснабжения. Для станции «Салют-7» выбрали второй вариант.

Как же устанавливались дополнительные солнечные батареи на станции «Салют-7»? Можно выделить три этапа. Сначала их подготовили к транспортировке и установке на одной из панелей солнечных батарей. Орбитальный комплекс сориентировали таким образом, чтобы рабочее место космонавта-монтажника на корпусе станции было освещено, а панель, на которую предстояло установить дополнительную солнечную батарею, — зафиксирована. Затем по специально проложенным поручням



Космонавты А. Н. Березовой и В. А. Джанибеков во время подготовки экспериментов

на внешней стороне корпуса станции экипаж доставил батарею к месту монтажа.

Второй этап включал установку дополнительной солнечной батареи на предназначенное место, освобождение ее от транспортировочного контейнера и механическое и электрическое соединение с основной панелью солнечной батареи. После чего с помощью лебедки А. П. Александров раскрыл ее.

На заключительном, третьем этапе дополнительную солнечную батарею подключили к системе единого электропитания внутри станции.

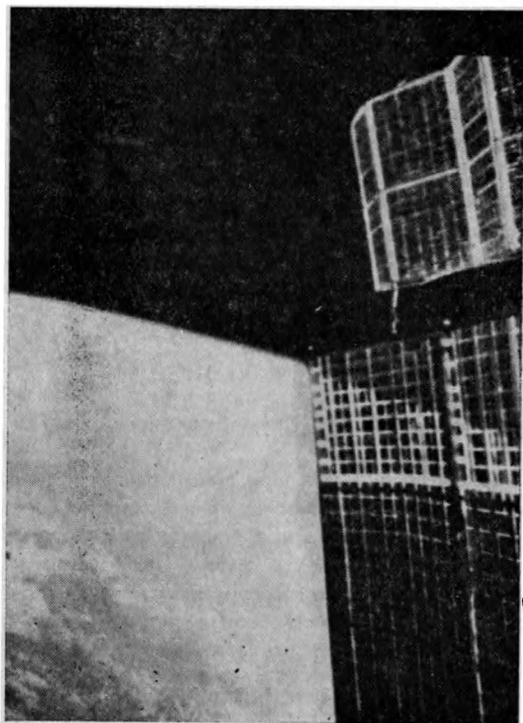
Такое упрощенное описание может создать впечатление, будто наращивание панелей солнечных батарей — весьма несложное дело. Но не надо забывать, что работа эта выполнялась впервые в открытом космосе, в скафандрах. А предшествовали ей и жаркие споры, и обсуждение различных вариантов ее выполнения, были проведены наземная отра-

ботка конструкции дополнительных солнечных батарей, механизмов их установки, раскрытия, тренировка экипажей в гидросреде и в самолетах-лабораториях.

В результате удалось приобрести первый ценный опыт монтажно-сборочных работ в открытом космосе, подтвердить уникальные возможности человека, проверить инженерные решения.

Определилось еще одно направление деятельности человека на орбите — монтажно-сборочные работы. Для этого направления характерна тщательная наземная подготовка элементов конструкции, инструмента, приобретение опыта работы с ним еще на Земле. Пока что работы с инструментами выполнялись лишь внутри станции, да и то в основном слесарные. Теперь же, научившись манипулировать в скафандрах всевозможными инструментами, приобретая опыт сборочно-монтажных работ в открытом космосе, можно

Фрагмент солнечной батареи с установленной экипажем дополнительной солнечной батареей. Кадр из фильма



будет существенно изменять орбитальные комплексы: разворачивать в полете конструкции, менять их элементы, ремонтировать космические аппараты. Иными словами, работы по наращиванию солнечных батарей открыли путь к более интенсивной эксплуатации орбитальных пилотируемых комплексов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОРБИТАЛЬНЫХ ПОЛЕТОВ — ПРАКТИКЕ

На орбитальных станциях типа «Салют» с первого полета большое внимание уделялось исследованиям природных ресурсов Земли, проверке методов исследований, подбору необходимого состава аппаратуры, планомерно изучению различных участков земной поверхности и океана. Такие наблюдения охватывают большие районы Земли, проводятся длительное время. Они дают информацию о состоянии поверхности Земли и океанов, о видах на урожай, о загрязнении водных бассейнов, о скоплениях планктона в океанах, о лесных пожарах. И все-таки нельзя пока говорить, что все уже сделано — мол, только наблюдай да расшифровывай полученные данные по разработанным методикам... Трудностей пока немало. Ведутся интенсивные поиски оптимальных участков спектра наблюдений, способов накопления информации на борту и оперативной передачи ее на Землю. Разрабатываются новые принципы исследований земной поверхности и океана.

Для этих целей космонавты В. А. Ляхов и А. П. Александров отработывали новый прибор — колориметр «Цвет-1». Прибор включался одновременно с фотографической и спектрометрической аппаратурой. Он позволил получить тарировочные данные по цветовым характеристикам участков наблюдений, с помощью которых можно будет с большой достоверностью обрабатывать привозимые с орбиты фотоматериалы. Естественно, что при этом необходимы сведения, полученные непосредственно с места наблюдений, например сведения, характеризующие рост растений, состояние почвы, состояние сельскохозяйственных культур, глубину снежного покрова.

Экипаж второй экспедиции провел наблюдения многих районов Советского Союза: южных областей Украины, Краснодарского края, Кавказа, Северного Каспия, Средней Азии, Горного Алтая и Дальнего Востока. В рамках программы «Интеркосмос» изучались некото-



А. П. Александров у пульта управления объединенной двигательной установки (вторая экспедиция на орбитальную станцию «Салют»)



В. А. Ляхов производит разгрузку грузового транспортного корабля, переносит емкость для воды (вторая экспедиция на орбитальную станцию «Салют»)

рые районы Болгарии, Венгрии, ГДР, Кубы, Монголии, Польши, Румынии и Чехословакии.

Для исследований природных ресурсов экипажу ежедневно выделяется время. Космонавты используют различную оптическую и спектрометрическую аппаратуру, в том числе фотоаппарат МКФ-6М для многозональной съемки, разработанный совместно специалистами СССР и ГДР и изготовленный в ГДР (Земля и Вселенная, 1981, № 1, с. 74.—Ред.). Одновременные измерения в широком диапазоне длин волн позволяют оценивать состояние океана, обнаруживать районы загрязнения нефтью. На изображениях в инфракрасном диапазоне хорошо различаются границы теплых и холодных областей в океане, видны океанические вихри и области, покрытые льдом. По измененному цвету воды можно обнаружить скопления мельчайших водорослей — фитопланктона. Поступающая из космоса информация сразу находит практическое применение.

Во время второй экспедиции проводился комплексный эксперимент «Черное море». Наряду с советскими специалистами в нем участвовали ученые ГДР, НРБ, МНР, ПНР, СРР. Исследования выполнялись одновременно из космоса (орбитальный комплекс «Салют-7» — «Союз» и автоматический спутник «Метеор»), с самолета-лаборатории, на поверхности моря и приборами, спущенными с кораблей под воду. Подобные комплексные исследования ускорят решение задачи воздействия океана

на атмосферу, позволят понять процессы формирования климата, погоды.

По заказу Научно-исследовательского института эпидемиологии, микробиологии и гигиены имени Пастера В. А. Ляхов и А. П. Александров выполнили исследования на аппаратуре «Таврия». Они получили 8 ампул особо чистых препаратов антигенов вируса гриппа. Примененное оборудование позволяет, используя состояние невесомости, разделять исходную биомассу на фракции и получать сверхчистые препараты, не вызывающие побочных действий. Получение таких препаратов в земных условиях сопряжено с большими трудностями.

КОСМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Трудно провести границу между тем, где кончается космический эксперимент и начинается практическое использование результатов исследований. После пилотируемых полетов станции «Салют» появилось много новых областей исследований. Уже говорят о зарождении новых отраслей наук — космической океанологии, космической астрономии, физике невесомости.

На протяжении нескольких экспедиций на станциях «Салют-6» и «Салют-7» проводятся эксперименты с голографической аппаратурой, разработанной в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе АН СССР. Разработчикам удалось создать довольно компактную аппаратуру, без традиционного плоского раз-

мещения деталей голографической установки. Расположили их объемно в виброустойчивом контейнере. Особенностью созданной голографической установки является ее универсальность. Аппаратура применялась еще на станции «Салют-6». Тогда получили первые космические голографические снимки и отработали методы передачи информации на Землю для использования специалистами (см. в этом номере журнала с. 17.— Ред.). На станции «Салют-7» во время первой экспедиции А. Н. Березовой и В. В. Лебедев использовали голографическую установку в ходе эксперимента «Таврия». Во время второй экспедиции В. А. Ляхов и А. П. Александров получили с помощью той же установки голографическую интерферограмму тепломассопереноса в жидкой среде в условиях невесомости. Одновременно методом теневой съемки осуществлялась регистрация процесса на киноплёнку. Эксперимент проводился на установке «Пион М». На этой же установке изучались процессы капиллярного формообразования при выращивании кристаллов в условиях микроускорений, исследовались двумерные конвективные течения жидкости.

На станциях «Салют-6» и «Салют-7» регулярно проводились исследования **метеорной эрозии** и загрязнения поверхностей. Облака частиц, которые окружают обитаемую станцию, могут осаждаться на радиационных поверхностях, на оптических элементах приборов, на иллюминаторах, на элементах солнечных батарей. Частицы эти образуются при работе двигателей, выбросах отходов жизнедеятельности через шлюзовую камеру, из-за дегазации материалов на поверхности станции. Собранные частицы анализируют уже на Земле, куда возвращаются образцы стекла, пластмасс, покрытий и других материалов. Выходя в открытый космос, космонавты регулярно заменяют образцы.

Возможность встречи с метеоритами не так уж и мала. За годы полета станции «Салют-6» ее иллюминаторы не раз подвергались воздействию микрометеоритов, которые оставили на внешней стороне стекол заметные «кратеры». Один такой «кратер» диаметром около 3 мм (от столкновения с микрометеоритом) был обнаружен на стыковочном агрегате станции. Именно обеспечение безопасности при встрече с микрометеоритами — один из факторов, влияющих на расчет толщины герметичной оболочки станции и наружных экранов.

Во время второй экспедиции на установке «**Электротопограф**» изучалось влияние открытого космического пространства на различные материалы. После того, как эти образцы экспонировались в космическом пространстве через шлюзовую камеру, космонавты исследовали их методом неразрушающего **электро-топографического контроля**.

Используя тестовый **гамма-телескоп**, космонавты измеряли потоки электронов высоких энергий, вторичные потоки гамма-квантов, возникающие в отсеках орбитальной станции при взаимодействии первичных космических лучей с веществом станции. Был проведен эксперимент по изучению пространственного распределения поглощенных доз радиации в сферическом фантоме, моделирующем тело человека.

Несколько сот экспериментов выполнили В. А. Ляхов и А. П. Александров во время 150-суточного полета. Полученная информация тщательно обрабатывается специалистами, планируются новые эксперименты в космосе. Полет второй длительной экспедиции уже стал историей. Полет станции «Салют-7» продолжается.





Академик
В. М. ТУЧКЕВИЧ
Доктор технических наук
Ю. П. СЕМЕНОВ
Доктор физико-математических наук
С. Б. ГУРЕВИЧ

Голография осваивает КОСМОС

Необычность деятельности человека в космосе требует и новой аппаратуры, и необычных методов ее применения. Среди них особое место сейчас заняла голография.

ВОЗМОЖНОСТИ ГОЛОГРАФИИ

Голография — это метод получения изображения какого-либо объекта, основанный на интерференции световых волн. От одного и того же источника света (лазера) на фотопластинку (или фотопленку) вместе с «объектной» волной, отражаемой объектом, направляют вторую, «опорную» волну. Интерференция этих волн, зафиксированная на светочувствительной поверхности, дает картину, которая содержит полную информацию об объекте. Это и есть голограмма. Впоследствии, облучая голограмму или какие-либо ее участки опорной волной, можно увидеть объемное изображение интересующего нас объекта.

Применяя голографическую технику и светочувствительные материалы, удается, как и в фотографии, где используется линзовая оптика, записать и сохранить на длительное время световую информацию об объекте, чтобы затем воспроизводить его изображение, когда в этом возникает необходимость. В известном смысле, голография подобна фотографии, у них одна и та же цель. Фотография давно сделалась необходимой составной частью большинства экспериментов и практических приложений. Почему же тогда нельзя обойтись исключительно фотографией, ведь техника ее уже хорошо развита?

Дело в том, что изображение, полученное голографическим методом, гораздо информативнее. В голографии записывается и затем восстанавливается волновой фронт света, идущего от объекта; в фотографии — лишь плос-

кое изображение, сформированное линзами. Поэтому голографические методы позволяют воссоздавать объемное изображение, что совершенно недостижимо для фотографии. А ведь иногда крайне необходимо видеть предмет и окружающее его пространство объемными, например, при посадке самолета или стыковке космических кораблей. Однако не только в этом преимущество голографии. Она позволяет наблюдать прозрачную среду и определять происходящие в ней изменения (фазовые неоднородности), которые не различает человеческий глаз и которые не фиксируются при обычном фотографировании.

Особенность нового метода в том, что можно делать несколько записей на один и тот же участок фоточувствительных материалов, а затем отдельно восстанавливать каждый записанный волновой фронт, можно плотнее записывать информацию, сравнивать интерферометрические картины от объектов в различные моменты времени.

Есть много и других преимуществ голографии перед фотографией. И все же она пока не вытеснила последнюю. Этому препятствует необходимость использовать искусственный источник света, тогда как в обычных условиях объекты чаще всего освещаются естественным, солнечным светом. Большая сложность и дороговизна самой голографической аппаратуры, а также жесткость условий, в которых протекает съемка, потребность в квалифицированных специалистах — все это ограничивает применение голографии. Правда, по мере совершенствования аппаратуры препятствия, связанные с ее обслуживанием, теперь успешно преодолеваются.

Достоинства голографии определяют и те области, где она может служить наиболее эффективно. К ним относится изобразительная голография (получение трехмерных изображений голографическим способом), используемая для прикладных и технических целей,

например в музейном деле, в создании тренажеров. Метод нашел применение в голографической микроскопии, голографической интерферометрии, которая позволяет, например, изучать изменения фазовой структуры прозрачных веществ, деформации объектов, характер их вибрации в устройствах неразрушающего контроля, распознавания образов, обработки изображений. Применяется голография для измерения размеров и распределения частиц, при получении голограммных оптических элементов, в системах голографической памяти и многих других областях.

ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ КОСМОСА

Первый космический голографический эксперимент, подготовленный учеными СССР и Кубы, был проведен 27 марта 1981 года международным советско-монгольским экипажем комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4» — «Союз-39». В сообщении по итогам работы этого экипажа отмечено: «Важной частью программы полета явились эксперименты по отработке новых методов записи и передачи голографических изображений объектов для решения различных научно-технических задач в космосе».

Создание голографической аппаратуры для космоса оказалось трудной задачей. Как уже говорилось, лабораторные голографические установки сложны, тяжелы и все время требуют принимать меры предохранения их от воздействия вибрации. Нечего и говорить, что такие установки для космоса не годятся. Здесь нужна аппаратура, способная не разрушиться во время запуска, не потерять свою работоспособность и не разъястироваться при транспортировке на орбиту. К тому же она должна иметь минимальную массу и объем, не требовать сложных настроек, быть простой в управлении, надежной в работе, потреблять минимум энергии.

В СССР и США начали разрабатывать голографическую аппаратуру для космических станций и кораблей, удовлетворяющую поставленным требованиям, но в своих разработках ученые исходили из разных принципов. Советские специалисты отказались от традиционного плоского размещения деталей голографической установки на специальных скамьях и плитах и расположили их в объеме, сочленив с виброустойчивым остовом. Такие установки не имеют аналогов в мире. В то же

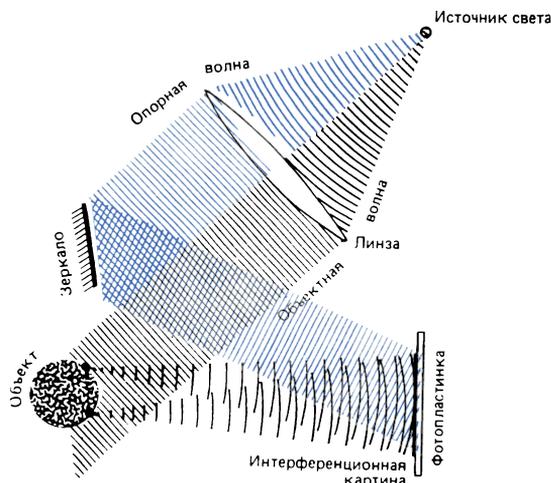


Схема регистрации голограммы объекта, диффузно рассеивающего свет. Интерференционная картина формируется наложением опорного волнового фронта с объектными волновыми фронтами от множества точек объекта. Эта интерференционная картина записывается на фотопластинке, которая после проявления и представляет собой голограмму

время голографическая аппаратура для космоса, сконструированная в США и испытанная в 1982 году (после голографического эксперимента на станции «Салют-6») на самолете, летевшем по параболической траектории, имеет традиционную компоновку. Она имеет характерное для лабораторных установок плиточное основание и значительно большие, чем у советской установки, объем и массу.

Космические голографические аппараты (КГА), созданные сотрудниками Физико-технического института имени А. Ф. Иоффе АН СССР, состояли из основного прибора и сменяемых приставок. Внутреннее устройство основного прибора КГА-1, работавшего на станции «Салют-6», несколько отличалось от КГА-2, находящегося на станции «Салют-7». В обоих аппаратах использовался советский гелий-неоновый лазер ЛГ-78. Габариты приборов $450 \times 210 \times 120$ мм, масса — не более 5 кг, потребляемая мощность — менее 60 Вт, выдержка объекта экспонирования (в зависимости от используемой оптической схемы) — от долей до десятков секунд. Фоточувствительным материалом служили советские голографические фотопластинки и фотопленка.

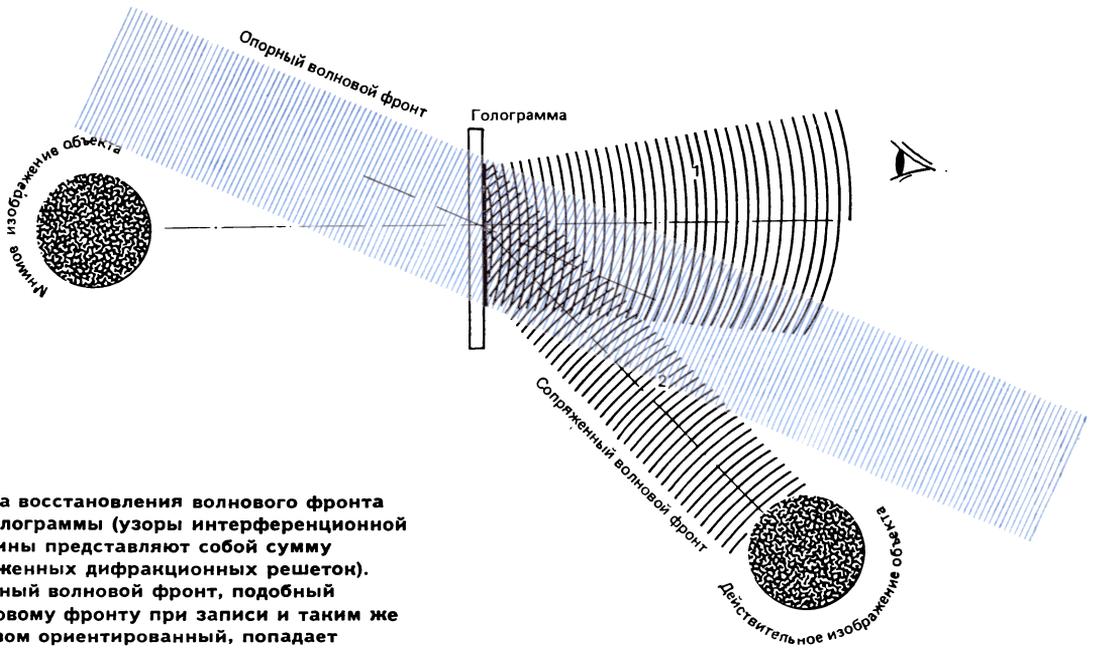


Схема восстановления волнового фронта от голограммы (узоры интерференционной картины представляют собой сумму наложенных дифракционных решеток). Опорный волновой фронт, подобный волновому фронту при записи и таким же образом ориентированный, попадает на голограмму. Отклоняя лучи, голограмма формирует волны 1 и 2, подобные тем, которые шли от объекта. Они позволяют видеть мнимое и действительное изображения объекта

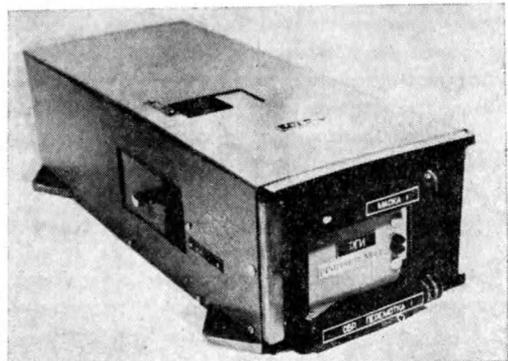
Исходная оптическая схема прибора соответствовала голографической схеме с внеосевым опорным пучком. В качестве регистрирующего устройства использована приставка — корпус фотоаппарата «Зоркий-4» без объектива, заряженный голографической фотопленкой. Фотоаппарат был приспособлен к режиму, когда могли даваться одна либо две экспозиции (разнесенные во времени). В первом случае получалась **голограмма объекта**, во втором при восстановлении — **интерферограмма**, которая показывала изменение объекта за протекшее время.

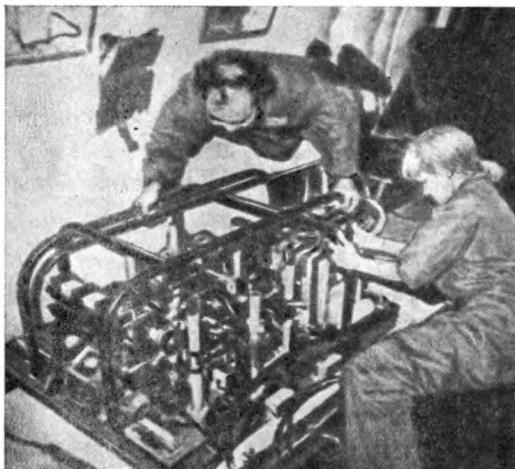
Для работы с КГА-1 применили специальную оптическую приставку, позволяющую тот же прибор перестраивать (перекрытием внеосевого опорного пучка) на голографирование со встречным опорным пучком по методу члена-корреспондента АН СССР Ю. Н. Денисюка. Голограмма при этом снималась на голографическую фотопластинку.

Третий вариант использовался на приборе КГА-2 и разрабатывался для эксперимента «Таврия». КГА-2, в отличие от КГА-1, обладал большим голографируемым объемом, в его оптическую схему входила стеклянная пластин-

ка, позволяющая создавать несущую частоту интерференционных полос, а за объектом помещалось матовое стекло (при необходимости его можно было вынимать). Первой приставкой к этому прибору было регистрирующее устройство: на пластинке возникала последовательность голограмм с двойной экспозицией и с изменением времени между первой (она была общей для всех голограмм) и второй экспозициями. Это давало возможность изучать динамику исследуемого процесса.

Голографический аппарат КГА-2





Голографическая установка для космоса, разработанная в США

В четвертом варианте также работала установка КГА-2, но с другой оптической приставкой, позволяющей исследовать процессы в реальном времени. На пластинке, использованной в этой приставке, экспонировалась голограмма исходного состояния объекта. Затем пластинку проявляли, и сквозь нее наблюдали голограммы последующих состояний. Можно было увидеть изменяющиеся во времени интерферограммы.

В этом варианте установка соединялась с телевизионной камерой, имеющей выход на ВКУ и видеозапись, а также с фотоаппаратом. Таким образом, можно было наблюдать через голограмму начального состояния не только картины изменения процесса, но и все фазы процесса на видеоконтрольном устройстве прямо на станции или на Земле. Такой вариант аппаратуры позволяет специалистам, следящим за станцией с Земли, совместно с космонавтами участвовать в управлении голографируемыми процессами. При необходимости процесс после его окончания можно снова проанализировать, обратясь к видеозаписи или к последовательности произведенных фотоснимков.

ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Космические условия, вероятно, еще долго будут накладывать ограничения не только на массу, объем прибора и потребляемую им

мощность, но и на время, которое допустимо затратить на эксперимент, особенно если он проходит под постоянным наблюдением космонавтов. Условия эти не позволяют в такой широкой степени варьировать эксперимент по промежуточным данным, как это можно осуществить в лаборатории. Поэтому подготовка к космическому эксперименту дополняется предварительными лабораторными и промоделированными на вычислительной машине (когда это необходимо) экспериментами. К тому же, поскольку «поставщики» эксперимента, как правило, не сами проводят его в космосе, необходимо специальное обучение операторов-космонавтов, которые хотя и знакомы с условиями работы в космосе, но не подготовлены к проведению данного эксперимента.

Выполнению нового эксперимента в космосе обязательно предшествует тестовый эксперимент. Он должен определить, будет ли в космических условиях предполагаемый эксперимент протекать именно так, как задумано, и даст ли общую картину его особенностей. Не исключено, что в тестовом эксперименте будут получены и новые научные данные. По возможности, на Земле нужно промоделировать условия, при которых влияние силы тяжести — главного фактора, отличающего земные условия от космических, — будет сведено к минимуму. Следует, конечно, учитывать и другие, второстепенные отклонения от земных условий, например температурные режимы. Если это доступно, можно провести и модельный численный эксперимент на ЭВМ.

Все эти особенности подготовки космических экспериментов в полной мере относятся и к голографическим.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА СТАНЦИЯХ «САЛЮТ-6» и «САЛЮТ-7»

В голографических экспериментах на «Салют-6» исследовалась возможность передачи голографической информации со станции в Центр управления полетом и из Центра управления — снова на станцию «Салют-6». На станцию доставили увеличенные изображения голограмм, которые проектировались затем на фоточувствительный слой видикона бортовой телевизионной камеры. Видеосигнал изображения голограмм поступал на наземные станции и формировал изображения на видеоконтрольных устройствах, с одного из которых изображения голограмм фотографировались.

После проявления этих изображений с голограммы восстанавливались изображения объектов, которые сравнивались с изображениями, восстановленными с исходных голограмм.

Передача голографической информации в обратном направлении шла следующим образом. На голографической установке «Свет» формировались голограммы тест-объектов. Их проектировали на передающую трубку наземной телевизионной камеры и производили видеозапись голограмм. Во время сеанса телевизионной связи эту видеозапись передавали на станцию, где с помощью специальных оптических приставок к видеоконтрольным устройствам переданные голограммы фотографировались. Контрольные снимки тех же голограмм получали и на Земле. После соответствующей обработки восстанавливали изображения как с голограмм, переснятых на станции «Салют-6», так и с контрольных снимков голограмм, и восстановленные изображения сравнивали. Эксперименты на «Салюте-6», подтвердившие возможность передачи голографической информации с борта станции на Землю и обратно, позволили к тому же оценить характер потерь передаваемой по телевизионным каналам голографической информации.

Выяснилось, что практически без потерь можно передать только сравнительно низкочастотную информацию (например, интерферограммы, полученные при двойной экспозиции голограмм на один участок пленки). Чтобы избежать высокочастотных потерь при передаче голограмм, нужно либо понизить темп передачи, либо увеличить число элементов в кадре. Стало ясно, что высокая чувствительность передачи голограмм к различным

дефектам телевизионного канала позволяет использовать такую передачу в качестве экспрессного метода количественного контроля за качеством передачи изображения телевизионной системой Земля — космос. В ходе проведенных экспериментов удалось также выявить возможности передачи голографической информации о различных процессах в темпе их протекания, то есть в реальном времени.

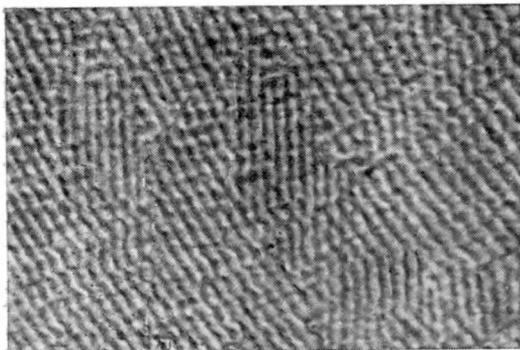
Основная задача голографических экспериментов на станции «Салют-6» заключалась в определении возможности голографирования на орбитальной космической станции и в проверке работоспособности специально созданного для этой цели аппарата КГА-1, важной деталью которого был газовый лазер. До этого газовый лазер ни в приборе, ни отдельно на станции не применялся, то есть не было никакого опыта работы с ним в космосе.

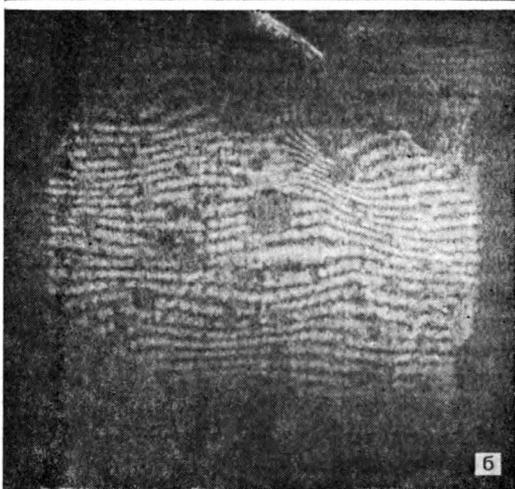
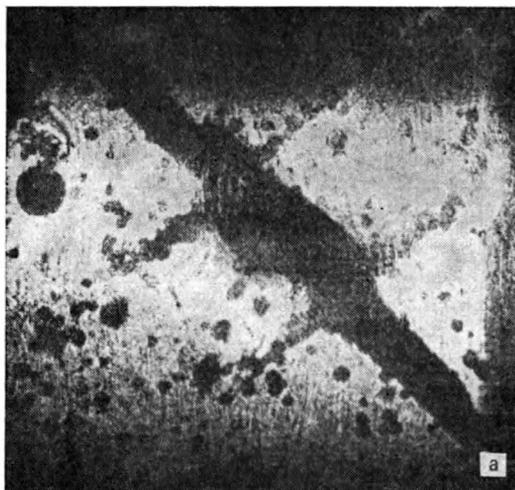
В программу экспериментов с прибором КГА-1, которые проводили В. В. Коваленок и В. П. Савиных в марте 1981 года, входило голографирование различных объектов и процессов. В качестве объектов были выбраны: плоский прозрачный объект, по которому можно установить качество голографирования; кристалл NaCl, растворяющийся в воде в специальной кювете; отражательный объемный объект — внутренние детали голографической установки; и, наконец, прозрачный пространственный рельеф — стеклянная пластинка, имитирующая иллюминатор станции с микродефектами наружной поверхности. Голографирование этой поверхности должно было продемонстрировать, как использовать КГА для контроля характера повреждений на иллюминаторе станции при ее длительной эксплуатации. Для голографирования тест-объекта применялась приставка без перекрытия внеосевого опорного пучка, в случае голографирования иллюминатора — с перекрытием внеосевым пучком.

На станции «Салют-6» впервые в космосе удалось получить голограммы плоских и объемных объектов с удовлетворительным качеством восстановления этих изображений. При восстановлении изображения в нем сохранились все признаки объемности исходного объекта, которые видны при наблюдении объекта.

В программу голографического эксперимента входило также исследование, как растворяется кристаллик хлористого натрия в условиях невесомости. Были сняты голограммы и интерферограммы (голограммы с двойной

Микрофотография участка голограммы





Изображение кристалла хлористого натрия, восстановленное с голограммы, снятой на станции «Салют-6» (а)
Интерферограмма процессов растворения кристалла хлористого натрия, восстановленная с двухэкспозиционной голограммы, снятой на станции «Салют-6» (б)

экспозицией) в различные моменты времени от начала процесса растворения.

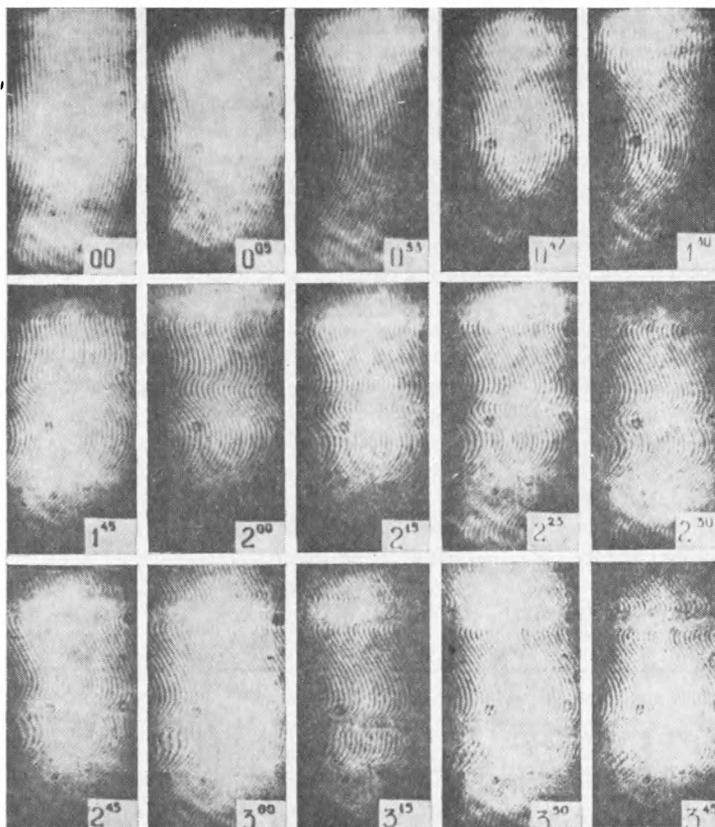
Полученные результаты оказались интересными и в известной степени неожиданными — процесс растворения кристаллов хлористого натрия в условиях невесомости примерно в 20 раз дольше, чем на Земле. В течение первых трех часов размеры кристалла практически не изменяются, затем уменьшаются более заметно, а на последнем этапе их уменьшение опять замедляется.

Голографические эксперименты были продолжены и на станции «Салют-7». Предполагалось, с одной стороны, усовершенствовать уже испытанные голографические методы и аппаратуру, а с другой — расширить диапазон их использования. На борт станции «Салют-7» был доставлен аппарат КГА-2 с приставкой, позволяющей в более удобном виде получать двухэкспозиционные голограммы (интерферограммы), отвечающие различным моментам процесса. Новый аппарат предстояло использовать в качестве регистратора процесса **изотахофореза** для получения особо чистых биопрепаратов, необходимых в производстве высокоэффективных лекарств и решении задач теоретической и прикладной микробиологии. Среди способов очистки, разделения и анализа биопрепаратов важное место занимает электрофорез в жидких растворах, весьма эффективный при разделении биопрепаратов на уровне белков, субклеточных частиц, клеток.

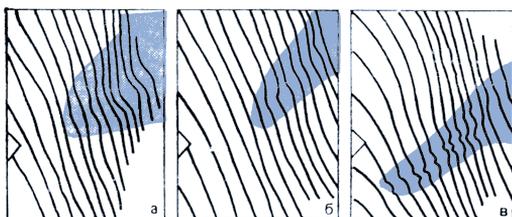
При подготовке к эксперименту была проведена большая серия лабораторных опытов, в которых для разных моментов времени удалось получить интерферограммы электрофореза и изоэлектрического фокусирования альбумина. Серия интерферограмм дает динамику смещения и разделения фракций в электрофоретической колонке. Местоположение фракций определяется по искривлению полос конечной ширины. В эксперименте было количественно оценено изменение показателя преломления чистой фракции относительно показателя преломления буферного раствора. Кроме того, определялось изменение градиента показателя преломления вдоль колонки по изменению наклона интерференционных полос. Лабораторные эксперименты убедительно показали, что установка КГА-2 регистрирует **разделение биопрепаратов на фракции** и позволяет наблюдать и регистрировать динамику процесса электрофореза неокрашенных фракций и, следовательно, в реальном времени контролировать выделение сверхчистых препаратов.

Аналогичный эксперимент на станции «Салют-7» выполняли космонавты А. Н. Березовой, В. В. Лебедев, Л. И. Попов, А. А. Серебров и С. Е. Савицкая. С заснятой и затем проявленной голограммы процесса были восстановлены изображения интерферограмм, относящиеся к различным моментам часового протекания процесса. Спустя сорок минут после начала наблюдаются локальные искрив-

Так в течение трех часов
меняется вид
интерферограммы
при исследовании динамики
разделения фракций
биологически чистых
веществ



Графическое изображение
интерферограмм
изотахофореза,
снятых на станции
«Салют-7»;
а — с голограммы,
снятой 46 минут
спусть после начала
процесса,
б — то же самое
спусть 52 минуты,
в — то же самое
спусть 1 час



ления полос и дальнейшее изменение их частоты и угла наклона. Эти локальные изменения определяют области появления фракций биопрепарата.

Тот же самый прибор КГА-2 использовали для последующих экспериментов во второй экспедиции на станцию «Салют-7» космонавты В. А. Ляхов и А. П. Александров. Применяв голографическую установку, они изучали тепло- и массоперенос в жидкой среде в условиях невесомости. Для этого они засняли серию двухэкспозиционных голограмм. Голограммы помогут определить, насколько эти

процессы на орбите отличаются от аналогичных процессов, протекающих в земных условиях.

В. А. Ляхов и А. П. Александров провели также опыты с прибором и приставками, предназначенными для непосредственного голографического и интерферометрического наблюдения за процессами тепло- и массопереноса во время их протекания.

ПЕРСПЕКТИВЫ ГОЛОГРАФИИ В КОСМОСЕ И НА ЗЕМЛЕ

Успехи голографических экспериментов на станциях «Салют-6» и «Салют-7» позволяют утверждать, что и другие земные возможности голографии найдут применение в космосе.

Многое можно сделать с помощью голографических методов, например, для изучения особенностей поведения жидкостей в условиях невесомости. Капиллярные процессы, смачивание и явления гидродинамики на Земле протекают во многом под влиянием земного притяжения. В условиях невесомости

привычное поведение жидкости оказывается существенно нарушенным. Голографическая аппаратура позволяет регистрировать форму поверхности и характер движения прозрачных жидкостей в условиях невесомости. Немалую пользу принесет голография в исследовании и регистрации деформаций малых смещений и вибраций.

Интересно применение голографии в микроскопии. Серия голограмм, снятых в космосе, дает полную картину изменения различных микрообъектов. В то же время непосредственное использование микроскопа в космосе не всегда возможно или эффективно, а на снимках, сделанных обычным фотоаппаратом, нельзя увидеть снятые микрообъекты под микроскопом из-за недостаточного разрешения оптики.

До сих пор мы говорили о том, что голография дает космонавтике. Но существует и обратная связь. Голографические приборы и методы, предназначенные для космоса, мо-

гут оказаться весьма полезными и на Земле. Действительно, существовавшие ранее приборы были пригодны только для использования в специально оборудованных лабораториях. Космическим голографическим аппаратам найдется место даже в цехе, в вузе, в школе, поскольку они способны давать удивительные результаты, которые пока удается получить лишь на массивных лабораторных установках. И, наконец, сравнивая вес нового голографического аппарата и обычного фотоаппарата, мы обнаруживаем, что находимся на пороге создания массовой малоформатной голографии. Можно поэтому быть уверенным в том, что труд, затраченный на создание приборов и методов для космоса, окупится не только в исследованиях на орбите, но и при решении различных земных задач.

Собственные движения пульсаров

Отождествление пульсаров с нейтронными звездами сегодня ни у кого не вызывает сомнений. По современным представлениям, нейтронные звезды могут образовываться в результате взрывов сверхновых. Подтвердить это теоретическое положение можно экспериментально, установив соответствие между пульсарами и остатками вспышек сверхновых. Однако сделать это далеко не всегда удается. Тем больший интерес представляют наблюдения, дающие информацию о месте, которое занимают в Галактике пульсары.

В 1973—1978 годах английские радиоастрономы А. Лайн, Б. Андерсон и М. Солтер наблюдали собственные движения 26 пульсаров. Эксперимент проводился на двухэлементном радиоинтерферометре с длиной базы 127 км (частота 408 МГц, угловое разрешение приблизительно 1.2"). Положение пульсаров определялось относительно опорных внегалактических радиоисточни-

ков. В обработанном сигнале радиоинтерферометра удавалось однозначно выделить вклад пульсара и опорного источника, а по соответствующей разности фаз измерить их взаимное угловое положение. Применение этой методики, а также учет таких эффектов, как прецессия, нутация, абберрация, дрейф полюсов, фазовые искажения в тропосфере и ионосфере, позволили измерить относительную угловую скорость пульсара и опорного источника с точностью 10^{-2} в год. По оценке английских радиоастрономов, вклад собственного движения опорного источника в наблюдаемый эффект не превышает 10^{-2} в год. Для большинства наблюдавшихся пульсаров скорость изменения углового положения относительно опорного источника находится в пределах от $2 \cdot 10^{-2}$ до $0,3$ в год.

Согласно полученным данным, пульсары предпочитают двигаться от галактической плоскости. По-видимому, как и думали ранее, пульсары рождаются в звездном населении I, составляющем плоскую систему Галактики. Если это предположение верно, то, зная

скорость движения пульсара и высоту над плоскостью Галактики, можно оценить его возраст. Он, как правило, больше, чем возраст, определяемый по скорости замедления вращения пульсаров. Подобное несоответствие возрастов ставит исследователей перед необходимостью пересмотра моделей пульсаров.

А. Лайн, Б. Андерсон и М. Солтер попытались подтвердить, что между пульсарами и остатками вспышек сверхновых в самом деле существуют предлагавшиеся ранее попарные соответствия. Однако тщательный анализ собственного движения пульсаров, а также сопоставление возрастов пульсаров и остатков вспышек сверхновых показали, что только в случае пульсара 0531+21 в Крабовидной туманности (а также не наблюдавшегося в данном эксперименте пульсара 0833-45 в созвездии Парусов) генетическая связь пульсара с остатком вспышки сверхновой можно считать достоверно установленной.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1982, 201, 2.



Доктор физико-математических наук
Ю. Н. ЕФРЕМОВ

Природа спиральных рукавов Галактик

В большинстве галактик спиральные рукава образуются молодыми звездами высокой светимости и возбуждаемыми ими областями ионизированного водорода. Концентрация самых молодых звезд в рукавах означает, что проблему природы спирального узора галактик можно считать ключевой в теории эволюции и звезд, и галактик.

Спиральная структура — столь распространенная и бросающаяся в глаза особенность многих галактик, что проблема ее природы уступает по своей важности разве только проблеме активности галактических ядер. Именно ядрам некоторые исследователи и приписывают порождение спиральных рукавов. Первым высказал это предположение (еще в 1928 году) Дж. Джинс. Он писал: «Каждая неудачная попытка объяснить происхождение спиральных ветвей делает все более трудным сопротивление предположению, что спиральные рукава являются полем действия сил, полностью неизвестных нам, отражающих, возможно, новые метрические свойства пространства, о которых мы и не подозреваем». Джинс допускал, что в ядрах

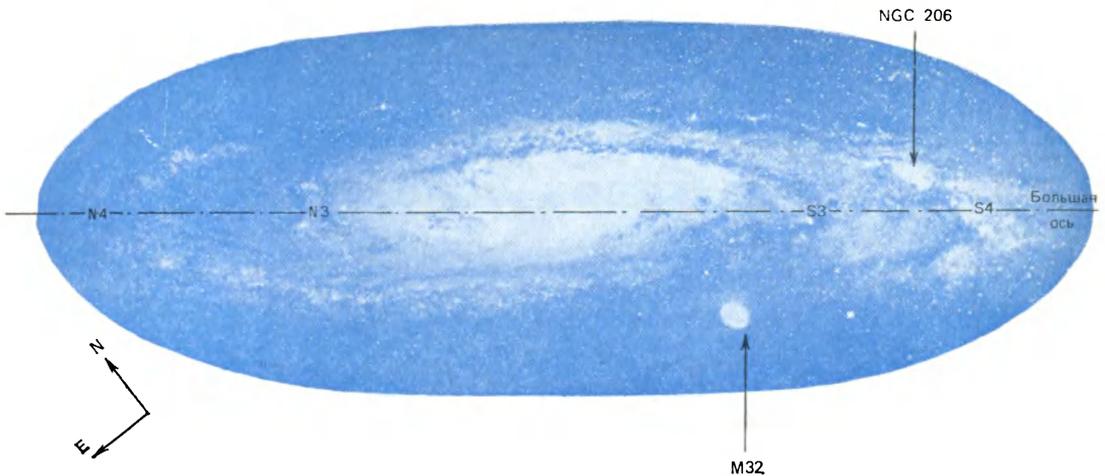
галактик «в нашу Вселенную сливается вещество из каких-то других, совершенно чуждых нам пространственных измерений». Истечение вещества из ядра в сочетании с вращением и могло бы породить подобный рукав. Однако сейчас нет необходимости привлекать посторонние силы для объяснения спиральной структуры. Круговые орбиты звезд галактического диска, отсутствие движения вещества вдоль рукавов — уже только эти факты делают подобные объяснения несостоятельными. К тому же рукава, как правило, начинаются не в непосредственной близости от ядра, а в нескольких килопарсеках от него. Джинс тем не менее был, очевидно, прав в одном: «Пока спиральные ветви остаются необъясненными, невозможно чувствовать доверие к любым предположениям и гипотезам, касающимся других особенностей туманностей (галактик.— Ю. Е.), которые кажутся более легко поддающимися объяснению».

ДВА МНЕНИЯ О СПИРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ

На первый взгляд, спиральный узор галактик вызван их дифференциальным вращением. Лишь центральные области галактик вращаются как твердое тело, а дальше угловая скорость вращения убывает с расстоя-

нием от центра. Поэтому любая достаточно большая разреженная группировка звезд, в которой взаимное притяжение между звездами слабое, должна со временем превратиться в обрывок спирального рукава. Но, прежде чем галактика сделает один оборот, в этом фрагменте рукава погаснут звезды большой светимости, и он исчезнет из вида. Вместе с тем уже возникшую каким-то образом спиральную структуру дифференциальное галактическое вращение должно «размыть» за пару оборотов.

Однако в 1976 году американские астрономы М. Мюллер и В. Арнет показали, что, если процесс звездообразования распространяется на соседние области, то дифференциальное вращение галактики может породить довольно длинные, хотя и не очень правильные, спиральные рукава, неоднократно появляющиеся и исчезающие за время жизни галактики. Массивные звезды образуются в газовом облаке гораздо быстрее, когда это облако испытывает повышенное давление, — приходит волна сжатия после взрыва расположенной неподалеку сверхновой или возгорания мощно излучающих O-звезд. Массивные звезды, рождающиеся в облаке, быстро превращаются в сверхновые или O-звезды, и, если рядом есть другие газовые об-



Галактика в созвездии Андромеды (M 31) и ее спутник, эллиптическая галактика M 32. Отмечены основные спиральные рукава M 31 (к югу от ядра они обозначаются буквой S, к северу — N). NGC 206 — самое яркое звездное облако в рукаве S 4

лака, эстафета звездообразования передается дальше. О возможности такого, эпидемического характера звездообразования В. Бааде говорил еще четверть века назад.

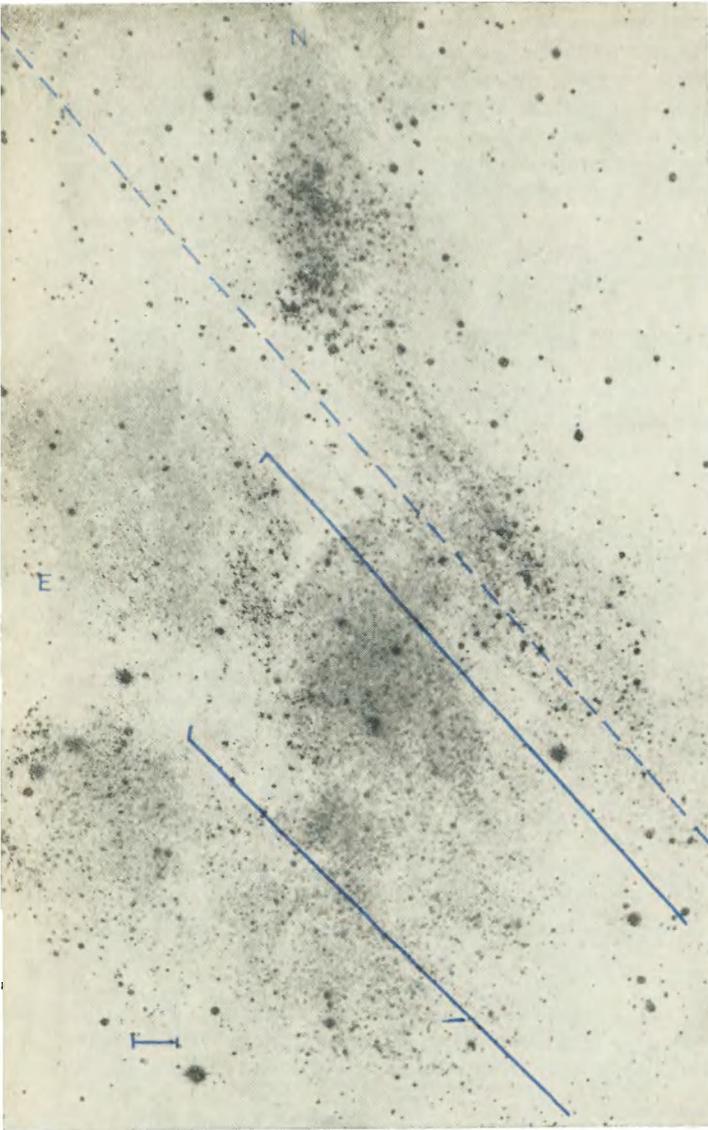
У. Герола и Ф. Сейден (США) усовершенствовали модель образования спиральной структуры, предложенную Мюллером и Арнетом, еще более приблизив ее к реальности. Эта модель привлекательна тем, что она объясняет природу спиральной структуры процессами и явлениями (дифференциальное вращение и эпидемическое звездообразование), без сомнения существующими в действительности.

Тем не менее все большую популярность приобретает вольновая теория спиральной структуры, которую возродили в 1964 году Ц. Лин

и Ф. Шу (США), развившие идеи Б. Линдблада. Согласно волновой теории, спиральные рукава — это волны повышенной плотности вещества, вращающиеся вокруг центра галактики как твердое тело, подобно узору на волчке. Волны плотности движутся, не перенося с собой вещества, как, например, звуковые волны или волны на поверхности воды. Скорости, с которыми вращаются вокруг центра галактики спиральные рукава (волны плотности) и вещество (звезды и газ), вообще говоря, не совпадают. Достаточно близко к центру газ вращается быстрее волны плотности и натекает на спиральный рукав с внутренней стороны. Если различие их скоростей достаточно велико, возникает ударная волна, в которой плотность газа повышается раз в десять, и это сжатие газа приводит к интенсивному образованию массивных звезд. Помимо газа у внутреннего края спирального рукава концентрируется и пыль, видимая на фотографиях как темная полоса. Радиоастрономические данные подтверждают, что именно в этих темных полосах особенно велика плотность водорода. Различие скоростей враще-

ния спирального узора и галактического вещества уменьшается по мере удаления от центра галактики, пока эти скорости не становятся равными на радиусе коротации. Еще дальше от центра галактики спиральные рукава вращаются быстрее, чем звезды и газ, столкновение с которыми теперь должно происходить у внешнего края рукава (подразумевается, что в галактиках спиральные рукава всегда закручиваются). Однако близ радиуса коротации спиральные рукава едва заметны, и, что делается за этим радиусом, сказать трудно.

Ближе к центру галактики самые молодые звезды должны быть сосредоточены у внутреннего края рукава — там, где они и рождаются. Звезды вращаются быстрее рукава и, обгоняя его, успевают постареть и стать менее яркими или недоступными нашим телескопам, превратившись в черную дыру или белый карлик. Таким образом, в поперечном сечении спирального рукава должен существовать перепад (градиент) возрастов звезд. У внутреннего края рукава располагаются зоны наивысшей плотности газа и пыли, затем — области звездообразования и



Участок спирального рукава S 4 галактики M 31. В центре вверху — гигантский звездный комплекс NGC 206. Негатив получен Г. Р. Ивановым и автором статьи на 2-метровом телескопе Национальной астрономической обсерватории НРБ. В центральном участке рукава S 4 (ограничен прямыми линиями) обнаружен градиент возрастов звезд. Пунктиром показана большая ось M 31

молодые звезды, у внешнего края рукава — самые старые звезды из тех, что концентрируются к рукавам.

Некое подобие волны плотности можно наблюдать в движении муравьев, если на их тропе выкопать канавку. Очень скоро плотность муравьев вблизи канавки становится много больше, чем в среднем на тропе. Муравьи довольно быст-

ро выбираются из канавки, но в ней застревают все новые муравьи, и зона повышенной плотности у канавки сохраняется. Если теперь вообразить, что канавка перемещается вдоль тропы, аналогия с волной плотности в спиральных галактиках станет полной.

Спиральная волна плотности способна возникнуть в галактике под действием приливного возмущения от близкого спутника или в результате отклонения от осевой симметрии в распределении звезд вокруг центра галактики. Эти отклонения могут быть столь незначительными, что остаются незамеченными. Волновая теория имеет ряд убедительных подтверждений: бесспорные признаки резкого повышения плотности газа и пыли перед внутренним краем звездных спиральных рукавов, наблюдающиеся во многих галактиках, и связанные с гравитационным полем рукавов крупномасштабные отклонения от кругового вращения. Эти отклонения выявлены по лучевым скоростям звезд высокой светимости в нашей Галактике и нейтрального водорода в галактике M 81 в созвездии Большой Медведицы. По-видимому, только волновая теория может объяснить существование (хотя и редких) галактик с длинными гладкими рукавами без признаков звездообразования в них. В таких галактиках практически нет газа.

Очевидно, что эпидемическое звездообразование может происходить и при наличии спиральной волны плотности. Первое поколение массивных звезд, родившихся в этой волне, вполне способно воздействовать на окружающие газовые облака, распространяя эпидемию звездообразования дальше. Задача состоит в том, чтобы понять,

в каких галактиках или их областях спиральная структура обязана своим происхождением волне плотности, а в каких — дифференциальному вращению и эпидемическому звездообразованию, и почему в той или иной галактике доминирует один из этих механизмов.

Казалось бы, легче всего выявить природу спиральных рукавов, проведя поиск градиента возрастов молодых звезд в поперечном сечении рукава. Но в далеких галактиках такой поиск не приносит определенных результатов — скорее всего из-за трудностей в интерпретации данных интегральной фотометрии и малого разрешения, а в нашей Галактике ему очень мешают наблюдательная селекция и неточность в знании расстояний. К тому же в диске Галактики из-за межзвездного поглощения оптическим телескопом доступны расстояния, обычно не превышающие 4—5 кпк, то есть область, охватывающая не более 10% площади ее диска. Некоторые исследователи даже считают, что молодые звезды и звездные скопления в окрестностях Солнца распределены преимущественно вдоль радиусов, направленных от Солнца. Но такое распределение отражает влияние наблюдательной селекции и в особенности наличие больших пылевых облаков, резко ослабляющих блеск расположенных за ними объектов. В нашей Галактике мы подобны путникам в густом лесу — из-за деревьев не видим леса, тогда как по отношению к далеким галактикам — пролетаем над лесом слишком высоко, чтобы различить породы деревьев или рельеф местности. Надо изучать ближайшую галактику, где нам доступны отдельные звезды, где мы можем

исследовать характеристики этих звезд и однозначно установить их связь с элементами галактической структуры. Эффективность исследований ближайших галактик подтверждается всей историей астрономии XX века.

КЛЮЧ К ПРОБЛЕМЕ — В БЛИЖАЙШИХ ГАЛАКТИКАХ

В наше время, когда внимание физиков и астрономов устремлено к границам Вселенной, стали забывать, что астрономическая картина мира родилась именно при изучении ближайших галактик, в первую очередь — туманности Андромеды (М 31) и галактики в созвездии Треугольника (М 33). В конце 1923 года молодой астроном обсерватории Маунт Вилсон — бывший боксер и адвокат Э. Хаббл, проводя поиск новых звезд, открыл в туманности Андромеды первую цефеиду, а через год, применив уже к 12 цефеидам зависимость период — светимость, оценил расстояние до этой «туманности» (Земля и Вселенная, 1973, № 2, с. 46.— Ред.). И выяснилось: по размерам, составу и строению она такая же галактика, как и наша. Опираясь на цефеиды в ближайших галактиках, Хаббл смог затем определить расстояния до далеких галактик и в 1929 году показал, что красное смещение в спектрах галактик пропорционально их расстоянию от нас. Итак, Вселенная населена галактиками и расширяется. Доказательство этого остается и по сей день крупнейшим достижением астрономии XX века, незыблемым фундаментом естествознания (Земля и Вселенная, 1978, № 3, с. 50.— Ред.).

Становление фундаментальной концепции звездных населений также связано с исследованием ближайших галактик.

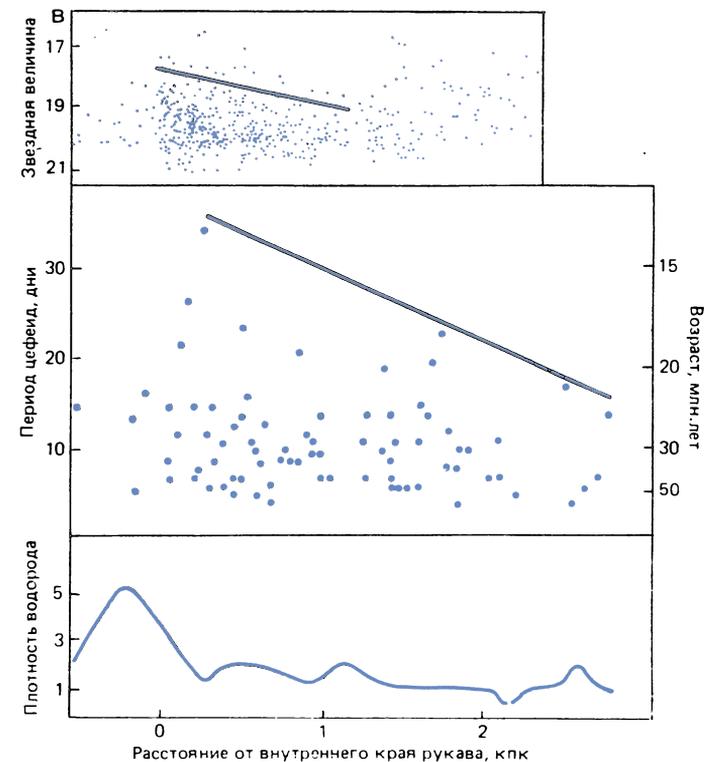
В 1943 году В. Бааде обнаружил, что центральная часть М 31 состоит из таких же звезд, как старые шаровые скопления. Стало окончательно ясно, что в дисках и спиральных рукавах галактик «обитает» молодое население I, в коронах и центральных областях спиральных галактик, в шаровых скоплениях и эллиптических галактиках — старое население II. Через несколько лет Бааде выяснил, что спиральные рукава М 31 обрисовываются не только звездами высокой светимости, но и пылью, а также областями ионизированного водорода H II. Изучая области H II в нашей Галактике, В. Морган и его сотрудники получили в 1952 году первые надежные данные о локализации отрезков спиральных рукавов в окрестностях Солнца.

Исследование спиральных рукавов в ближайших галактиках подтвердило также, что гигантские молекулярные облака (состоящие в основном из молекул водорода) концентрируются в рукавах. Эти облака были обнаружены в нашей Галактике в 1975—1976 годах. И вплоть до 1981 года одни исследователи полагали, что молекулярные облака «равнодушны» к спиральной структуре, другие же считали, что они концентрируются в спиральных рукавах. И только детальное изучение спиральной структуры М 31 позволило доказать, что молекулярные облака столь же хорошо обрисовывают рукава, как и атомарный водород. Облака образуются в спиральных рукавах, а затем разрушаются под воздействием излучения родившихся в них O-звезд. А так как масса газа, не израсходованного на формирование звезд, обычно существенно больше суммарной массы звезд, остающаяся после раз-

лета газа звездная группировка оказывается гравитационно неустойчивой, чем и объясняется распад О-ассоциаций — разреженных группировок молодых звезд.

Поиски градиента возрастов звезд в спиральных рукавах также имеют наибольшие шансы на успех именно в ближайших галактиках. Одними из первых попытались это сделать французские астрономы. В М 33 они нашли признаки градиента возрастов лишь в части южного спирального рукава, ближайшей к центру галактики. Эти признаки (преимущественная концентрация пыли и областей H II у внутреннего края рукава) выражены довольно слабо, а нейтральный водород (H I) оказался плотнее всего не у края, а близ середины рукава. Спиральные рукава М 33 состоят из довольно коротких обрывков, много звезд высокой светимости находится за пределами рукавов, поэтому главная роль в образовании спиральной структуры этой галактики должна принадлежать не волнам плотности, а дифференциальному вращению и эпидемическому звездообразованию.

Четкий спиральный узор заметен у галактики М 31, но его детальное исследование долгое время представлялось мало перспективным. Из-за небольшого угла между плоскостью галактики и лучом зрения расшифровка ее спиральной структуры весьма трудна, и до сих пор продолжают споры не только о числе рукавов, но и об их ориентации относительно направления вращения галактики. По мнению автора, даже на фотографиях видно, что рукава отходят от ядра М 31 по часовой стрелке и, поскольку галактика вращается в противоположном направлении,



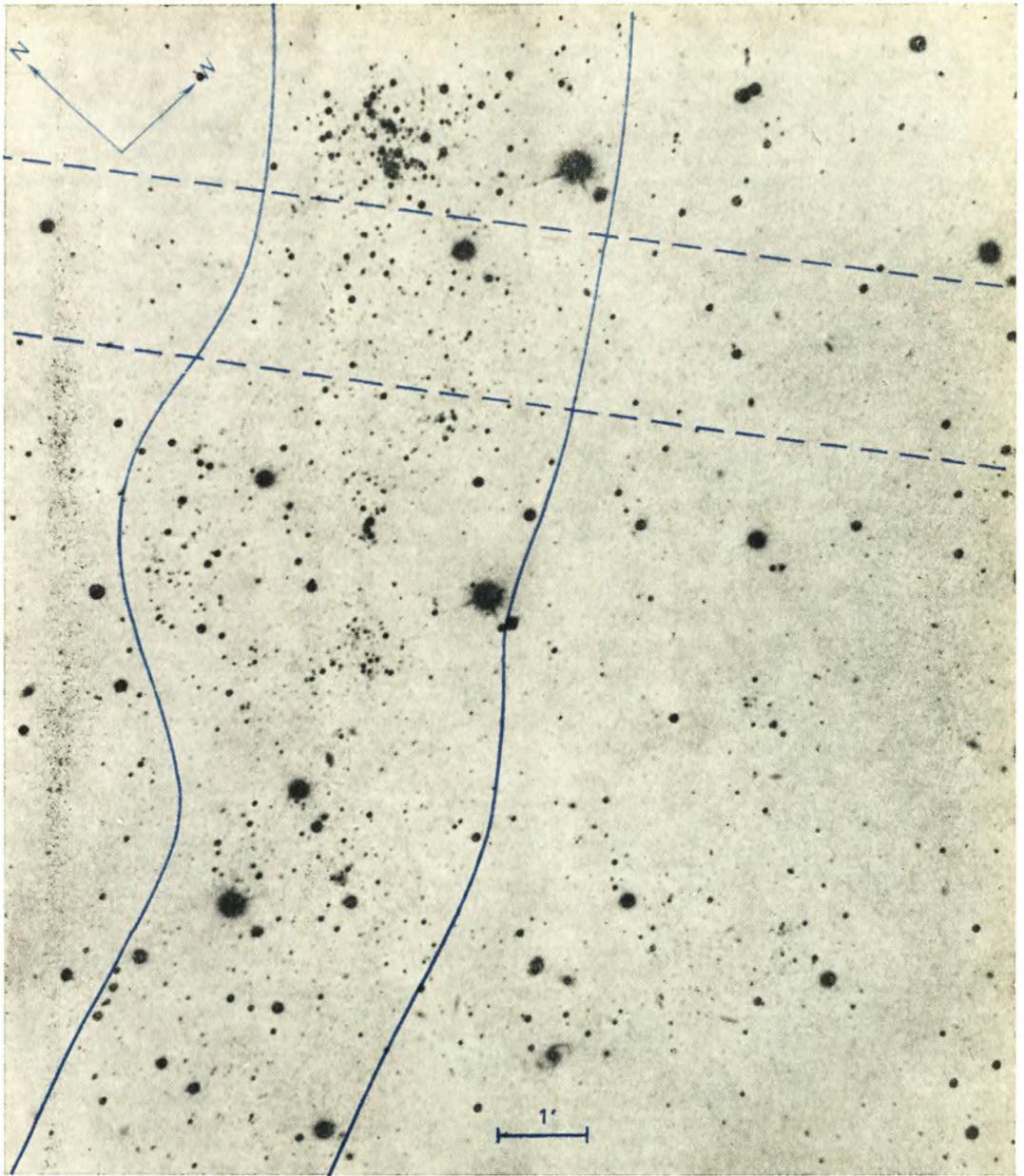
Так распределены поперек спирального рукава S 4 (сверху вниз) звезды в зависимости от видимой звездной величины, цефеиды с различным периодом пульсаций (а значит, и возрастом), плотность нейтрального водорода. У внутреннего края рукава концентрируются звезды максимальной светимости и самые молодые цефеиды, а перед ним — наиболее плотные зоны нейтрального водорода. Наклон прямой на двух верхних рисунках указывает градиент возрастов в спиральном рукаве S 4

спирали закручиваются. Это предположение подтверждается формой пылевых волокон близ ядра М 31 и распределением нейтрального водорода вдали от центра галактики. Во всяком случае, локализация

многих отрезков рукавов в М 31 однозначна, и, следовательно, особенности их структуры можно сопоставить с предсказаниями волновой теории.

АНАТОМИЯ СПИРАЛЬНОГО РУКАВА

В юго-западном «углу» галактики М 31 хорошо заметен отрезок спирального рукава, обозначенный Бааде как S 4. Он пересекает большую ось галактики на расстоянии 50' от ее центра. В этом рукаве действительно наблюдается последовательность возрастов, предсказываемая волновой теорией. Перед его внутренним краем видна мощная пылевая полоса, с нею совпадает максимум плотности нейтрального водорода. В центральной и юго-восточной частях S 4 наиболее яркие области H II встре-

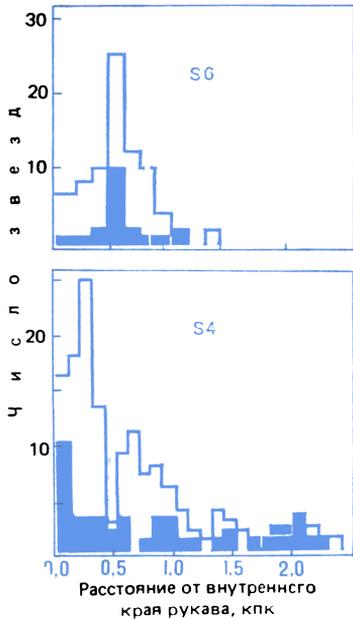


Область спирального рукава S 6 на далекой юго-западной окраине M 31 (очерчена сплошными линиями).
Негатив получен А. И. Копыловым на 6-метровом телескопе Специальной астрофизической обсерватории АН СССР
Распределение звезд

в очерченном пунктирными линиями участке рукава показано на следующем рисунке

чаются почти исключительно у внутреннего края рукава. Здесь, следовательно, сосредоточены самые молодые и горячие О-звезды. Максимумы плотности атомарного и молекулярного водорода совпадают друг с другом, указывая места максимального сжатия газа. Молекулы водорода образуются в наиболее плотных и холодных облаках, и именно в молекулярных облаках выполняются условия, необходимые для звездообразования. Этот процесс начинается перед краем рукава, там, где плотность нейтрального и молекулярного водорода максимальная, а в зонах HII на самом краю наиболее массивные звезды уже сформировались. Здесь сияют О-звезды, возраст которых не превышает 10^6 лет. Дальше от края рукава зон HII почти нет, так как при своем движении от края рукава О-звезды успевают проэволюционировать и превратиться в нейтронные звезды или черные дыры.

Градиент возрастов звезд в поперечном сечении спирального рукава S4 удобнее исследовать на участке, где рукав разворачивается, то есть близ большой оси. Здесь луч зрения направлен почти точно вдоль рукава и расстояния звезд от его внутреннего края определяются увереннее. В этой области рукава S4 автор статьи вместе с сотрудником кафедры астрономии Софийского университета Г. Р. Ивановым измерили видимые величины звезд на пластинке, полученной с 2-метровым рефлектором Национальной астрономической обсерватории НРБ. Зная расстояние до M31 и учитывая межзвездное поглощение света, можно от видимых звездных величин перейти к абсолютным, а значит, найти светимости звезд.



Распределение звезд вдоль поперечного разреза спиральных рукавов S6 и S4 в галактике M31. Самые яркие звезды (показаны синим цветом) концентрируются в середине рукава S6 и вблизи внутреннего края рукава S4

Спиральный рукав S4 неоднократно фотографировал на 5-метровом рефлекторе Бааде, изучавший в 1950—1952 годах переменные звезды в M31. К счастью, среди переменных оказалось много цефеид. Для них существует зависимость период — возраст (по наблюдательным данным ее получил автор статьи в 1964 году), объясняющаяся тем, что более массивные звезды быстрее переходят в стадию цефеид и имеют больший период пульсаций. Изучив в какой-то области галактики распределение цефеид разных возрастов, можно восстановить здесь историю звездообразования на временном интервале от 10 (пе-

риод пульсаций 50 дней) до 90 (период пульсаций 2 дня) миллионов лет назад.

В рукаве S4 светимости постоянных звезд и периоды цефеид, максимальные для данного расстояния от края рукава, убывают с удалением от него. Это и есть градиент возрастов, ибо максимальные светимости звезд и периоды цефеид зависят от возраста.

Какова же скорость вращения спирального узора (волны плотности) в M31? У внешнего края рукава S4, на расстоянии примерно 2,5 кпк от его внутреннего края, возраст самых молодых звезд около $(2-2,5) \cdot 10^7$ лет. За это время звезды, родившиеся, согласно исходному предположению волновой теории, у внутреннего края рукава, успели его пересечь, поскольку их скорость превышает скорость твердотельного вращения спирального узора. Зная ширину рукава (2,5 кпк) и время, затраченное звездами на его пересечение, можно оценить различие скоростей вращения спирального узора и звезд. Поскольку скорости звезд известны из наблюдений, можно теперь найти и угловую скорость вращения спирального узора в M31. Она составляет 10 км/с на 1 кпк. Эта величина может быть ошибочна на 50%, и все же она, пожалуй, самая надежная из существующих ныне оценок скорости вращения спирального узора в других галактиках. При этом ее значении радиус коротации в M31, на котором нет движения звезд относительно спирального рукава и не должно быть градиента возрастов, равен около 20 кпк. Примерно на таком расстоянии от центра галактики находится спиральный рукав S6. В нем ярчайшие звезды занимают полосу шириной 100—200 пк, но находится она не у внутреннего

края рукава, как в S4, а по середине его, распределение звезд в поперечном сечении рукава S6 симметрично. Градиента возрастов звезд в рукаве S6 действительно нет. Вероятно, этот рукав существует лишь потому, что области звездообразования растягиваются дифференциальным вращением.

СПИРАЛЬНЫЕ РУКАВА В М 31 И В ГАЛАКТИКЕ

Итак, ситуация в центральной и юго-восточной части рукава S4 в галактике М 31 полностью объясняется волновой теорией и современными представлениями о происхождении массивных звезд. В северной части рукава S4 положение более сложное. Здесь находится гигантский комплекс звезд высокой светимости NGC 206, который уступает по яркости лишь центральной части М 31 и ее эллиптическим спутникам М 32 и NGC 205. Почему именно в этой области образовались самые массивные звезды?

Плотность газа перед внутренним краем рукава близ NGC 206 гораздо меньше, зоны H II разбросаны беспорядочно, а не сконцентрированы около внутреннего края. Севернее NGC 206 рукав S4 на значительном протяжении теряется вообще; точнее, локализации газа, звезд высокой светимости и пылевых прожилок становятся мало связанными друг с другом. Именно эту область подразумевал Бааде, говоря, что спиральный рукав иногда ведет себя подобно хамелеону, превращаясь из пылевого в звездный и наоборот.

Особенности гигантского звездного комплекса NGC 206, расщепление близ него рукава S4 и появление тянущихся к соседним рукавам перемычек не нашли еще полного объяс-

нения. Возможно, все это связано с воздействием на спиральную структуру М 31 ее близкого спутника — эллиптической галактики М 32. Можно также предположить, что дело просто в большой массе этого комплекса, позволяющей ему почти не зависеть от условий в спиральном рукаве и даже, наоборот, влиять на них.

Однако вполне понятно, почему к югу от NGC 206 спиральный рукав S4 показывает столь ярко выраженный градиент возрастов. Скорость встречи рукава и набегающего на него газа тем больше, чем больше угол закручивания рукава¹ и чем дальше рукав от радиуса коротации. В центральной части S4 угол закручивания едва ли не максимальный в М 31 (около 25°, тогда как в среднем в М 31 около 10°), поэтому скорость набегающего газа на него очень велика. На границе рукава возникает ударная волна, и плотность газа повышается в 10—30 раз, что весьма благоприятно для звездообразования, в первую очередь — образования массивных звезд, которых у внутреннего края S4 особенно много. Резко выраженная волна плотности управляет звездообразованием в рукаве S4, и вне этого рукава массивных звезд, в том числе цефеид, почти нет.

Рукав S4 находится в среднем на таком же расстоянии от центра М 31, как Солнце от центра Галактики (около 9 кпк), но между распределением цефеид в этих двух областях огромная разница. В окрестностях Солнца, в круге радиусом в 3—4 кпк, нет таких обширных, свободных от цефеид про-

странств, какие наблюдаются по обе стороны рукава S4. Наиболее вероятным объяснением представляется близость Солнца к радиусу коротации Галактики, в силу чего звездообразование в наших окрестностях мало зависит от слабой здесь волны плотности. Лишь наиболее молодые звезды и скопления обрисовывают вокруг Солнца отрезки спиральных рукавов. Цефеиды же, по видимому, концентрируются только в отрезке рукава Киль — Стрелец, находящемся ближе к центру Галактики (и дальше от радиуса коротации). Тогда значение радиуса коротации в Галактике — 10—12 кпк.

Эта величина радиуса коротации согласуется с моделью спиральных волн плотности, возбуждаемых небольшим отклонением от осевой симметрии в распределении массы близ центра Галактики. При радиусе коротации 10—12 кпк угловая скорость вращения спирального узора составляет 20—24 км/с на 1 кпк. Эта модель подтверждается исследованием кинематики цефеид, проведенными Ю. Н. Мишуровым, Е. Д. Павловской и А. А. Сучковым. И, как считает Л. С. Марочник, видимо, не случайно жизнь возникла именно на Земле, возле Солнца, которое находится близ радиуса коротации. Здесь промежуток времени между последовательными попаданиями звезды в волну плотности очень велик (на самом радиусе — бесконечно велик), а встреча с волной плотности, наверняка, оказалась бы губительной для всего живого — хотя бы из-за частых взрывов сверхновых в областях звездообразования. А чтобы на планете появились астрономы, необходимы миллиарды лет спокойного развития жизни на ней...

¹ Угол между рукавом и пересекающей его окружностью, проведенной из центра галактики.

Радиогалактика в созвездии Геркулеса

Радиоисточник Геркулес А (3С 348), обнаруженный еще в 1948 году, — четвертый по яркости после Лебеда А, Центавра А (Земля и Вселенная, 1980, № 2, с. 26. — *Ред.*) и Девы А (Земля и Вселенная, 1978, № 1, с. 16. — *Ред.*) внегалактический объект. Его размеры около 460 кпк, а полная энергия радиоизлучения достигает $3 \cdot 10^6$ эрг. Геркулес А отождествлен со слабой эллиптической галактикой (18.5^m), расположенной в далеком скоплении, красное смещение которого примерно 0.154.

Американские радиоастрономы Дж. Дрегер и Е. Фейгельсон исследовали структуру этой радиогалактики на волне 6 см. Наблюдения проводились с помощью антенной системы апертурного синтеза VLA (The Very Large Array). Она состоит из 27 антенн с параболическими зеркалами диаметром 25 м каждое. Антенны передвигаются по рельсам, проложенным вдоль лучей (их длина 15 км) Y-образной фигуры.

На радиокarte, построенной с угловым разрешением около 4.2'', Геркулес А выглядит почти как обычная радиогалактика: две протяженные радиоизлучающие области, напоминающие лепестки, вытянутые симметрично относительно ядра. При лучшем разрешении (0.5'') структура

Схематическое изображение структуры радиогалактики Геркулес А на волне 6 см



протяженных радиокомпонентов оказалась совершенно различной.

К западу от ядра, примерно в 9'' от него (1'' на расстоянии Геркулеса А соответствует 2,5 кпк), наблюдается узкий выброс (угол раствора около 1°). Он тянется почти на 40'' от ядра до головы кометоподобной детали. Еще дальше от ядра заметно овальное яркое «горячее пятно» размером 13×9'', а за ним — две дуги оболочек еще большего размера. Эти детали погружены в слабо излучающую область диаметром 50''.

К востоку от ядра, также на расстоянии примерно 9'' от него, тянется другой, несколько искривленный выброс (угол раствора около 3°). В 40'' от ядра выброс приобретает большую извилистость и расширяется в вытянутое от ядра облако. Заметная (до 50%) поляризация радиоизлучения в выбросах свидетельствует о присутствии крупномасштабного магнитного поля, направленного вдоль ярких радиоструктур.

Дж. Дрегер и Е. Фейгельсон отметили, что ряд деталей в западном и восточном выбросах расположены симметрично относительно ядра. Возможно, активность ядра, про-

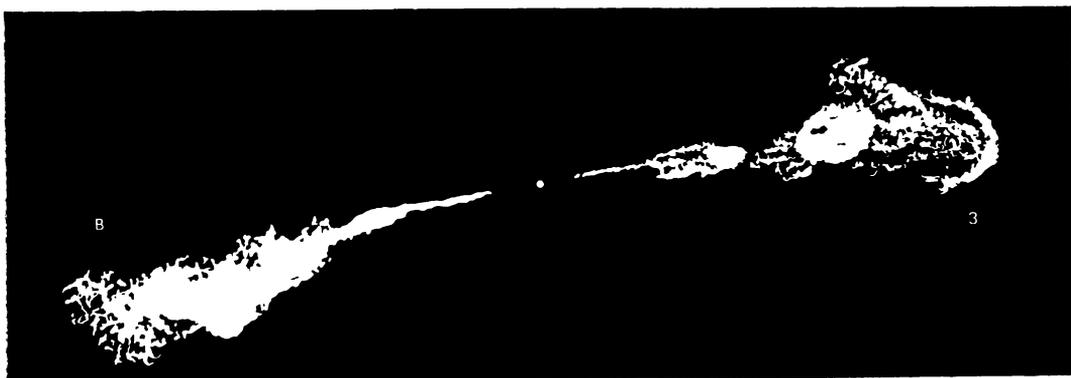
являющаяся в одновременном выбросе в противоположных направлениях потоков релятивистских частиц, переменна. По мнению американских астрономов, наличие крупномасштабной симметрии в структуре Геркулеса А при заметном различии в структуре мелкомасштабных деталей свидетельствует о неоднородности условий в среде, через которую движутся выброшенные из ядра радиогалактики потоки релятивистских частиц.

Кандидат физико-математических наук
Б. В. КОМБЕРГ

Черная дыра в Большом Магеллановом Облаке!

До последнего времени самым надежным «кандидатом» в черные дыры считался рентгеновский источник Лебедь X-1, расположенный в двойной звездной системе HDE 226868. Масса источника оценивалась неоднократно, и она не может быть меньше 5—7 солнечных. Это слишком много для нейтронной звезды, а потому исследователи предположили, что в системе находится черная дыра, захватывающая вещество с поверхности голубого гиганта.

В ноябре 1982 года на обсерватории в Серро Тололо (Чили) были начаты наблюдения оптического компонента рент-



геновского источника MS X-3 в Большом Магеллановом Облаке. Отождествить рентгеновский источник с оптической звездой удалось после того, как с помощью рентгеновского телескопа космической обсерватории «Эйнштейн» были точно определены координаты источника. Оптическим компонентом оказалась звезда главной последовательности, имеющая спектральный класс В3 и звездную величину 18^m. Масса такой звезды должна быть около 6 солнечных. Наблюдения проводились на 4-метровом телескопе в течение нескольких месяцев, и в результате удалось установить, что рентгеновский источник входит в спектрально-двойную систему с орбитальным периодом 1,7 суток. В этой двойной системе не наблюдаются ни рентгеновские, ни оптические затмения. Нижний предел массы рентгеновского источника оценивается в 9 солнечных масс. Если даже неправильно определена масса оптического компонента (допустим, она на самом деле вдвое меньше), все равно масса рентгеновского источника не получается меньше, чем 6 солнечных! Найдена первая черная дыра за пределами Галактики?

Astrophysical Journal, 1983, 272, 1.

Формирующиеся планетные системы!

26 января 1983 года на полярную круговую орбиту с высотой 900 км был выведен ИСЗ IRAS (Infrared Astronomical Satellite), предназначенный для обзора неба в инфракрасном диапазоне (8—120 мкм), практически не доступном с поверхности Земли. Спутник создан совместными усилиями специалистов Великобритании, Нидерландов и США. Он снабжен телескопом системы Ричи — Кретьена, главное зеркало которого изготовлено из бериллия и имеет диаметр 57 см. Детекторы инфракрасного излучения, расположенные в фокальной плоскости



телескопа, охлаждались сверхтекучим жидким гелием до температуры 2,5 К. В конце декабря 1983 года аппаратура IRAS прекратила работу, поскольку исчерпались запасы гелия.

За 11 месяцев активного существования спутника получено огромное количество информации, которая будет обрабатываться в течение нескольких лет. Предполагается, что полное число инфракрасных источников, обнаруженных с борта спутника IRAS, превысит 200 000. К наиболее интересным результатам этого полета относится открытие в инфракрасном диапазоне кометы, получившей название IRAS — Араки — Олкока (Земля и Вселенная, 1983, № 5, с. 29.— *Ред.*). Однако самым, пожалуй, неожиданным явилось обнаружение протяженного инфракрасного источника вокруг яркой звезды северного полушария неба — Веги (α Лирь). Угловой диаметр источника 20", что на расстоянии Веги (26 световых лет) соответствует линейному размеру 80 а. е. Спектр источника такой же, как у абсолютно черного тела с температурой 90 К. По мнению специалистов группы IRAS, вокруг Веги существует кольцо из твердых частиц, размер которых около 1 мм или более (межзвездные пылинки в среднем имеют размер около 1 мкм). Звездное излучение нагревает частицы, и они переизлучают энергию в основном в инфракрасной области спектра. Пылевое кольцо, возможно, представляет собой зародыш планетной системы. Вега — молодая горячая звезда спектрального класса A0V, ее возраст около 300 млн. лет (возраст Солнца — около 10 млрд. лет). Поэтому можно ожидать, что планетная система Веги, если она существует, находится в стадии формирования.

Наблюдения инфракрасного ореола вокруг Веги — не единственное указание на образование планетных систем у других звезд. Так, группа японских радиоастрономов, проводя наблюдения в молекулярных радиолониях миллиметрового диапазона, обнаружила газовые диски размером в несколько десятков тысяч астрономических единиц вокруг звезд в созвездии Ориона и в пылевом облаке в созвездии Тельца. Не исключено, что впоследствии из внутренних частей этих дисков могут образоваться системы планет. Вблизи молодой звезды Тельца, на расстоянии 0,6" от нее, американские исследователи нашли методом спеклинтерферометрии (Земля и Вселенная, 1980, № 2, с. 32.— *Ред.*) точный инфракрасный источник низкой светимости, который очень похож на гигантскую протопланету.

Наконец, приборы того же спутника IRAS выявили избыток инфракрасного излучения у звезды класса A3V Фомальгаут (α Южной Рыбы), находящейся на расстоянии 22 световых года от Солнца. Вероятно, Фомальгаут, как и Вега, обладает пылевым протопланетным диском.

Спутник IRAS прекратил свою работу, но полученный им громадный объем наблюдательных данных позволяет продолжать поиск объектов с большими инфракрасными избытками. Есть надежда, что среди них окажется еще некоторое число молодых звезд с формирующимися планетными системами.

Nature, 1983, 303, 5975; 304, 5928; 306, 5945.



Металлы — из морской воды

Благодаря успехам науки и техники морская вода все больше превращается в химическое сырье. Не исключено, что ценные металлы будут извлекаться из нее индустриальными способами. Но не следует забывать об экологических проблемах, неизбежно возникающих при вмешательстве в океанскую среду.

«ЖИДКАЯ РУДА»

Колоссальные темпы добычи минерального сырья в последнее время приводят к тому, что полезные ископаемые в легкодоступных районах суши быстро истощаются, и потому дальнейшее освоение природных ресурсов Земли пойдет по двум направлениям: будут осваиваться труднодоступные месторождения суши и нарастать темпы использования богатств Мирового океана. Если общая стоимость минеральных ресурсов, добытых из океана в 1967 году, едва достигала 0,3 млрд. долларов, то в 1979 году она уже составила 70 млрд. долларов. Конечно, в основном эти затраты связаны с добычей твердых ископаемых, залегающих на дне и в шельфовой зоне морей и океанов, но все большие средства стали расходоваться и на использование самой морской воды. Морская вода содержит практически все элементы таблицы Менделеева, в ней есть хлор, натрий, магний, кальций, бор, йод, уран, серебро, золото. В морской воде также много растворенных солей, куда кроме перечисленных элементов входят такие ценные металлы, как сурьма, висмут, кадмий, хром, свинец, ртуть, никель, олово, цинк.

Рассчитанные величины концентрации элементов в этой «жидкой руде» (известно, на-

пример, что в 1 км³ морской воды содержится 19 млн. т хлора, 400 тыс. т кальция, 11 т урана, 4 кг золота) не всегда, конечно, отвечают реальным величинам. Расчеты часто основываются на анализах проб воды, взятых из поверхностного слоя, а для океанов поверхностные воды менее характерны, нежели взятые с глубины. К тому же активные биологические процессы, протекающие во многих районах океана, могут сильно изменять концентрацию различных элементов. Поэтому морскую воду нельзя считать абсолютно однородной средой, где равномерно распределены встречающиеся в ней элементы.

В своих практических нуждах люди издавна делят все содержащиеся в морской воде элементы на две основные группы. В первую входят **макроэлементы**, составляющие свыше 99,9% всех растворенных в воде элементов. К ним относятся хлор, магний, бор и другие. На долю остальных — **микроэлементов**, куда входят и ценные металлы, — приходится меньше 0,1% массы растворенных в воде химических веществ.

ДОБЫЧА МАКРОЭЛЕМЕНТОВ

Существуют традиционные химические продукты, которые получают из рассолов морской воды в промышленных масштабах. Это хлор, натрий, бром, магний, калий. Поваренную соль (хлорид натрия) в Китае добывали из морской воды за 2000 лет до н. э. А с более поздних времен в провинции Цзянсу на морском побережье сохранились ветряные мельницы, перекачивающие морскую воду в искусственные испарительные бассейны. Здесь морская вода испаряется под действием солнечных лучей, на дно бассейна осаждаются соли сульфата кальция, а оставшаяся рапа — насыщенный солевой раствор — переводится в осадочный бассейн. Процесс испарения способствует

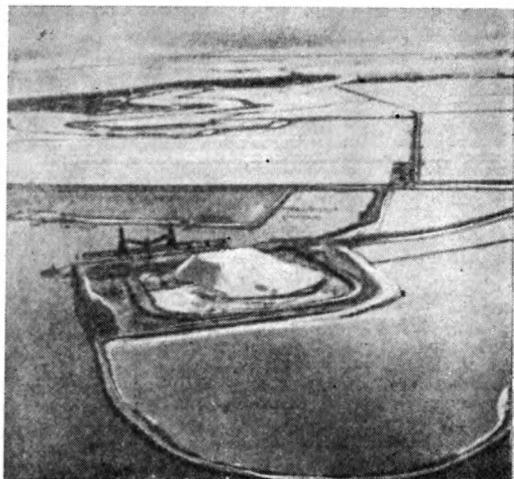
дальнейшему сгущению раствора и выпадению в осадок поваренной соли, которую затем собирают механическим путем.

Основные производители поваренной соли из морской воды в настоящее время — США, Италия, Мексика, Австралия, Израиль, Япония, Индия, СССР и Народная Республика Болгария. Метод выпаривания поваренной соли наиболее экономичен, так как не требует расхода дорогостоящей электроэнергии. Но зато для реализации этого классического метода нужны особые условия, например жаркий климат с сухими ветрами, обширные, лежащие ниже уровня моря площади, где соль может выпариваться.

В последние десятилетия в некоторых странах появились другие перспективные методы добычи поваренной соли. Нашли применение метод электролиза с использованием ионо-селективных мембран, а также различные испарительно-перегонные методы. Многие из них кроме получения поваренной соли позволяют наиболее эффективно наладить комплексную переработку морской воды. При этом удешевляется стоимость получаемых веществ и расширяется «спектр» извлекаемых элементов.

Концентрация химических элементов в морской воде

Элемент	Концентрация, г/л	
хлор	19,87	} макроэлементы
натрий	11,05	
магний	1,326	
сера	0,928	
кальций	0,422	
калий	0,416	
бром	$6,8 \cdot 10^{-2}$	
углерод	$2,8 \cdot 10^{-2}$	
стронций	$8,5 \cdot 10^{-3}$	
бор	$4,5 \cdot 10^{-3}$	
кремний	$3 \cdot 10^{-3}$	} микроэлементы
литий	$1,7 \cdot 10^{-4}$	
рубидий	$1,2 \cdot 10^{-4}$	
фосфор	$0,7 \cdot 10^{-4}$	
железо	$0,1 \cdot 10^{-4}$	
молибден	$10 \cdot 10^{-6}$	
медь	$3 \cdot 10^{-6}$	
уран	$3 \cdot 10^{-6}$	
ванадий	$2 \cdot 10^{-6}$	
марганец	$2 \cdot 10^{-6}$	
серебро	$0,1 \cdot 10^{-6}$	
вольфрам	$0,1 \cdot 10^{-6}$	
свинец	$2 \cdot 10^{-8}$	
висмут	$2 \cdot 10^{-8}$	
золото	$5 \cdot 10^{-9}$	



Искусственные бассейны для выпаривания соли под воздействием солнечных лучей (Калифорния). В центре — конусообразная насыпь, сложенная из добытой соли

Расчеты, сделанные в СССР еще в 60-х годах, показали, что при комплексной переработке морской воды на 10 тыс. т пищевой соли можно получить 1730 т сырого гипса, 370 т калийного удобрения, 26 т брома. Как известно, в состав гипса входит сера, но она содержится и в таком «морском» химическом продукте, как сульфат натрия, который добывается из морской рапы, например, в Кара-Богаз-Голе.

Из морской воды, вероятно будет извлекаться и кальций. До последнего времени металлический кальций применялся очень ограниченно. Еще 40 лет назад в США потребляли от 10 до 25 т этого металла в год, в Германии — 5—10 т. Но позднее выяснилось, что кальций — активный восстановитель многих редких и тугоплавких металлов, применяющихся в новых областях техники: его теперь используют при получении тория, ванадия, циркония, урана, тантала.

Магний стали получать из морской воды сравнительно недавно. Первую опытную тонну этого легкого металла удалось получить в Англии в 1916 году. Во время первой мировой войны магний как мягкий и легкий металл стал незаменимым при изготовлении дирижаблей. А поскольку его месторождениями в то время владела Германия, то ее про-

тивники стали искать новые источники этого ценного металла и... обратились к методу извлечения его из морской воды.

В морской воде содержится примерно 0,13% магния. И хотя такая концентрация составляет лишь одну трехсотую всего металла, содержащегося в добываемой на суше магниевой руде, для США главным источником этого стратегического сырья стала морская вода. Кроме США магниевые заводы стали строить в Англии, Франции, Италии, Тунисе, Японии, и сейчас они дают 40% мирового производства магния.

Способ получения магниевых солей относительно прост. Морскую воду очищают от механических примесей и обрабатывают серной кислотой, затем в нее добавляют известь или доломит и энергично встряхивают. В осадок выпадает гидроксид магния, которую промывают и фильтруют. После фильтрации образуется продукт, содержащий 50—55% гидроксида магния. Дальнейшая обработка диктуется промышленным назначением этого продукта.

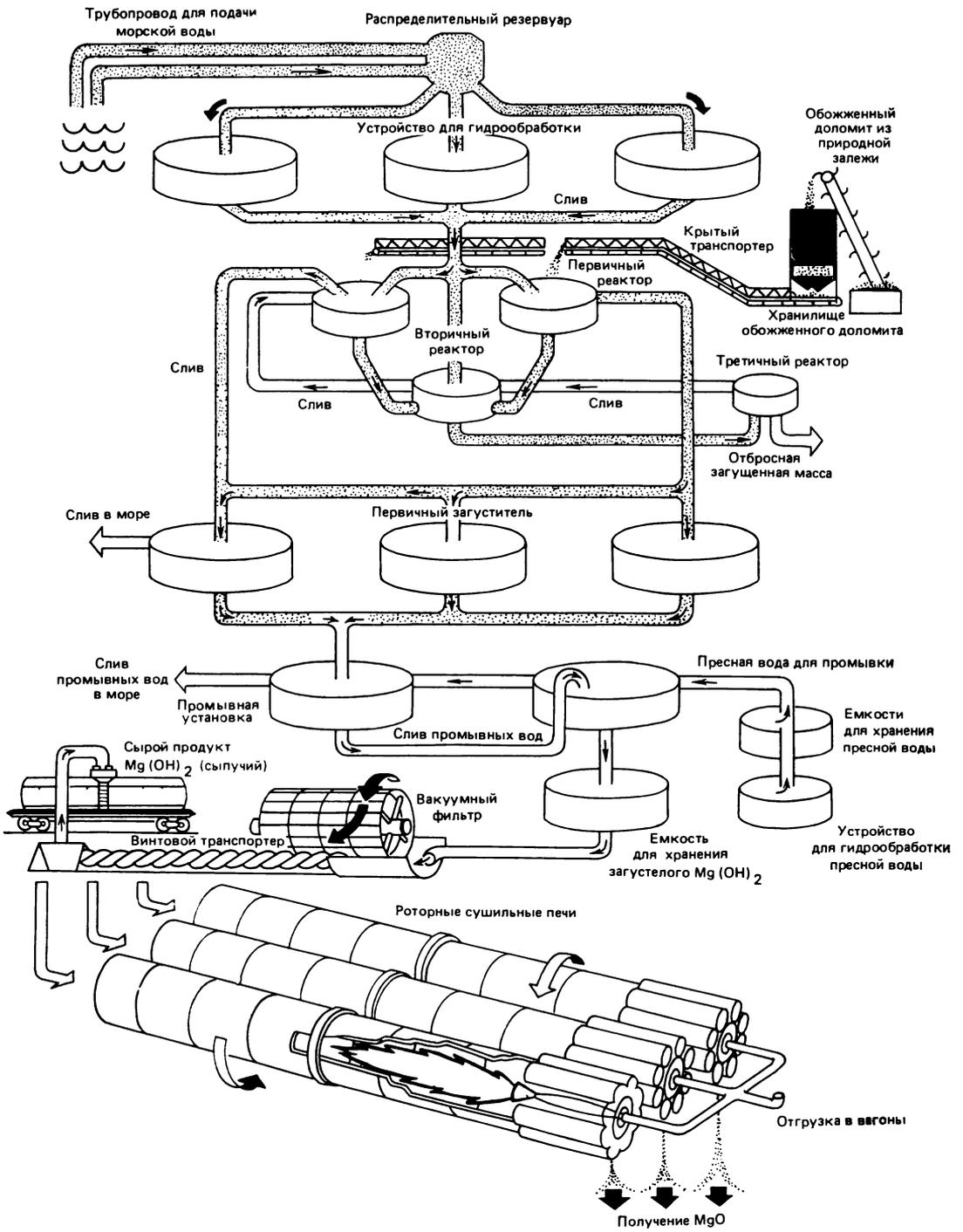
Кроме гидроксида магния из морской воды получают основной карбонат магния. В Народной Республике Болгарии разработана специальная технология получения его из черноморских рассолов и построена первая пробная установка в Бургасе, производящая в год 250 т продукта.

Добыча калия из морской воды началась в годы первой мировой войны, когда Германия захватила французский Эльзас с богатыми запасами калийных солей. После второй мировой войны англичане стали интенсивно получать калий из воды Мертвого моря, а итальянцы построили специальные заводы на африканском побережье и в Неаполе. Широко развита добыча солей калия из морской воды в Китае, Японии, Англии. Метод выпаривания этих солей из морской воды прост и надежен, но, как и в случае с поваренной солью, выход продукта сильно зависит от климатических условий.

В лабораториях в промышленных масштабах удалось разработать способ извлечения калия из морской воды, переводя его в нерастворимую соль с помощью специальных реагентов. В 40-х годах в Норвегии построили даже пробную установку с применением одного из таких реагентов, но, несмотря на сравнительно высокий выход продукта, метод не получил промышленного развития из-за дороговизны реагента.

Имеется множество различных способов извлечения микроэлементов из морской воды, в основе которых лежат химические, физико-химические и биологические процессы. К химическим и физико-химическим методам относятся, например, осаждение, сорбция (поглощение микроэлементов твердым телом), флотация. Биологический способ основан на способности морских организмов накапливать в себе некоторые элементы, в том числе редкие металлы. Моллюски поглощают медь, асцидии — ванадий, радиолярии — стронций, медузы — цинк, олово, свинец. Причем содержание металлов в морских организмах во много раз больше (железа, например в 6000 раз), чем в окружающей воде. Создание «живых фабрик» по производству редких металлов в мелководных районах морей, конечно, заманчивая перспектива. Но здесь возникают другие проблемы. Если бы даже и удалось выращивать в нужных количествах морские организмы, это мероприятие обернулось бы экологической катастрофой. Ведь, например, для получения в сутки 3 т урана потребовалось бы переработать 1000 т условного биоконцентрата!

Сейчас одним из самых перспективных методов извлечения микроэлементов из морской воды стал сорбционный метод получения металлов с помощью ионообменных смол. Он заключается в следующем. Экстракционный агрегат, состоящий из пористого контейнера, заполненного ионообменной смолой, опускают в морскую воду. А поскольку металлы — микроэлементы в морской воде содержатся главным образом в виде ионов, то ионообменные смолы контейнера насыщаются металлами. Казалось бы, при таком простом способе извлечения нетрудно поставить контейнеры на якорь в тех участках океана, где действуют течения. Еще легче наносить покрытие из ионообменных смол на обшивку судов, либо буксировать контейнер за движущимся судном. Но, оказывается, не так это просто. Морские организмы загрязняют ионообменные смолы и контейнеры, а меры защиты от них разработать трудно. Да и создание самой смолы, которая отличалась бы высокой избирательностью по отношению к некоторым ценным элементам, скажем, урану или серебру, — сложная проблема. Однако достигнутые в последнее время успехи в изучении селективных свойств ионообменных смол дают на-



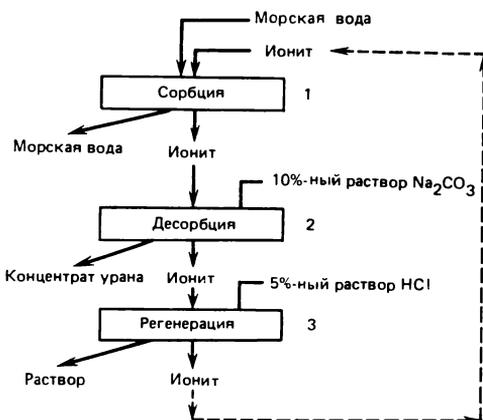
Последовательность процесса получения окиси магния на магниевом заводе в Калифорнии

дежду, что такие смолы найдут широкое применение в ближайшем будущем.

В аналитической лаборатории Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР разрабатываются сорбционные методы извлечения ценных металлов из морской воды. Осенью 1982 года на Черном море в районе Геленджика испытывалась плавучая сорбционная установка, созданная в Южном отделении института. Она предназначена для извлечения ценных элементов.

Особое внимание уделяется в аналитической лаборатории института исследованиям, связанным с эффективностью извлечения. Во-первых, эффективность зависит от свойств сорбентов, создаваемых искусственным путем. Извлечение считается эффективным, если ионообменная смола способна концентрировать в себе такое количество металлов, которое на несколько порядков превышало бы ее содержание в окружающей воде. Во-вторых, эффективность может зависеть и от самой морской среды, ее динамических и химических параметров — волн, течений, содержания химических элементов.

Какие же металлы — микроэлементы целесообразно извлекать из морской воды? Это прежде всего обусловлено причинами социального, экономического и технического характера. Каждая страна обладает определенным сочетанием таких факторов, как уровень технического прогресса, запас полезных ископаемых, экономическая рентабельность добычи. Они и определяют необходимость извлечения из морской воды определенного ряда металлов. Существуют специальные данные, характеризующие соотношение запасов микроэлементов в морской воде и на суше, и потенциальную стоимость микроэлемента, содержащегося в 1 км³ океанской воды. Чем больше отношение запасов металла в морской воде к его запасам в месторождениях суши и чем выше его потенциальная стоимость, тем, вероятно, целесообразнее добывать его из морской воды. Исходя из стоимости, можно считать наиболее перспективными элементами, в смысле их промышленного извлечения, следующие металлы: рубидий, литий, йод, молибден, уран, цезий, золото, серебро, германий и селен. Такая оценка, конечно, не бесспорна. На нее неизбежно влияет постоянное уточнение концентрации микроэлементов в водах Мирового океана, изменение цен на те или иные металлы на международном рынке и, наконец, развитие новых областей науки и



Принципиальная схема сорбционного метода получения урана из морской воды.

На стадии 1 ионообменная смола (ионит) насыщается ураном. На стадии 2 из ионита извлекают концентрат урана.

Стадия 3 — восстановление ионообменной смолы, после чего она снова используется для извлечения урана

техники — потенциальных потребителей металлов — микроэлементов.

В 60—70-х годах во многих странах мира проводились исследования, связанные с извлечением урана из морской воды. Результаты их показали, что «морской уран» пока экономически невыгоден. И все же в настоящее время в Японии, США, ФРГ, Англии и Италии действуют полупромышленные установки для извлечения этого металла из морской воды производительностью до 1 т урана в год.

Что же касается извлечения золота, то на разработку «морских» методов его получения было затрачено так много сил и средств, что трудно в этом отношении сравнить с ним какой-либо другой элемент. И несмотря на то, что выдано множество патентов, связанных с экстракцией золота, до сих пор из морской воды не получено никаких практически ощутимых количеств этого драгоценного металла.

В конце первой мировой войны немецкий химик Ф. Хабер заверял, что военный долг Германии можно оплатить золотом, извлеченным из моря. По его оптимистичным оценкам, концентрация золота составляет 5—10 мг на 1 т морской воды. Однако организованная им специальная экспедиция на исследователь-

ском судне получила иной результат: концентрация золота редко превышает 0,001 мг на тонну морской воды. Даже в заливе Сан-Франциско у североамериканского побережья, куда впадают реки, дренирующие золотоносные районы, концентрация золота, измеренная экспедицией, не намного превосходила среднее содержание этого элемента в открытом океане.

МОРСКАЯ ЭКОХИМИЯ

Уже давно изучаются геохимические процессы, обуславливающие состав морской воды, распределение и формы нахождения в ней химических элементов. И все же накопленного научного материала недостаточно для полного понимания многих вопросов. Например, до сих пор не ясно, почему морская вода недонасыщена металлами или каков механизм выведения металлов из растворенного состояния в осадок.

В аналитической лаборатории Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР используется системный подход, облегчающий изучение проблем морской геохимии. Суть системного подхода — в комплексном изучении объекта исследования. Наряду с совершенствованием технологии извлечения элементов, улучшением конструктивных особенностей плавучих установок, энергетически экономичных, использующих энергию волн и течений, все отчетливее выявляется направление новых исследований — морская экохимия.

Актуальность таких исследований вызвана сложившейся сейчас в морских науках парадоксальной ситуацией. Прогресс наших знаний в области техники, особенно техники, используемой для изучения и освоения Мирового океана, намного опережает наши знания о самой морской воде, об изменчивости ее свойств и о взаимоотношениях морских организмов друг с другом и с окружающей средой. Созданы надежные обитаемые и автоматические аппараты, способные работать на глубине в сотни метров, и в то же время природные явления и процессы даже на меньших глубинах порой мы знаем плохо. Видимо, наступило время, когда необходимо проводить опережающие экохимические исследования, особенно при решении такой проблемы, как извлечение ценных металлов из морской воды.

Смысл экохимических исследований, связанных с изучением взаимовлияния системы «технический объект — среда», заключается прежде

де всего в разработке принципов районирования зон сгущения и рассеяния ценных химических элементов. При этом должны остаться в сохранности существующие морские экосистемы и биогеоценозы. Не следует забывать и об оптимальном регулировании количества извлеченных ценных химических элементов, так, чтобы нарушения естественных круговоротов вещества и энергии (если уж без них обойтись нельзя) были бы минимальными.

Главное внимание в этих исследованиях обращается на обеспечение экологической безопасности, когда морская вода используется в качестве технологического сырья. Здесь уместно привести один пример, правда, из области гидротехнического строительства. На берегах Европы выстроено много великолепных портов, таких, как Гамбург, Лондон, Бордо, Лиссабон. Они были созданы в прекрасных выбранных местах, как бы самой природой подаренных человеку. Порты же, построенные в неудачных местах, были обречены на медленное умирание — со временем их стало заносить песком. Поначалу промахи подобного рода компенсировались лишь дополнительными экономическими затратами, не затрагивая жизненные интересы людей. Но только поначалу.

Проблема извлечения металлов из морской воды при неверном решении некоторых вопросов может нанести вред океану в целом, а это обязательно затронет жизненные интересы людей — ведь металлы в морской воде связаны с жизнедеятельностью морских организмов, многие из которых служат человеку продуктами питания.

Использование морских и океанских вод как перспективного технологического сырья должно быть рациональным, должно основываться на комплексной эксплуатации химических и водных ресурсов моря. Один из способов такого рационального использования — полная утилизация всех элементов в опреснительных системах, которые широко применяются во многих странах и производят около 1,2 млн. м³ пресной воды в день. При опреснении морской воды образуются концентрированные сбросные растворы, где солей металлов во много раз больше, чем в исходной морской воде. Прокачка сбросных вод через сорбенты позволит получать нужные нам микроэлементы даже в промышленном масштабе.

Отметим еще одно важное обстоятельство. В последние годы удалось открыть новый тип полезных ископаемых — донные горячие рас-

соля. Обогащенные цинком, медью, свинцом, серебром, золотом, они обнаружены на дне всех океанов, но наиболее изучены в Красном море. В использовании морской и океанской воды и ее рассолов природного и искусственного происхождения сейчас намечаются два направления технологических решений. Первое сводится к индивидуальной селективной технологии, обеспечивающей получение какого-либо ценного металла — микроэлемента. Второе направление — это комплексная технология, при которой используются различные виды ресурсов Мирового океана — водные, химические, энергетические и биологические.

Как считают сейчас многие ученые, возращение роли химических ресурсов Мирового океана в экономике будет происходить главным образом за счет редких и рассеянных элементов, содержащихся в океанской воде. Пока трудно определить, какие элементы и где именно в океане перспективно добывать, но бесспорно, что добывать их выгодно. Не случайно поэтому в последнее десятилетие в различных странах предпринимаются настойчивые попытки создать технологически приемлемые методы экстрагирования рассеянных в морской воде металлов.

Гидротермы на Байкале

Известно, что образование земной коры в рифтовых зонах океанов сопровождается интенсивным выбросом термальных вод. Но эти выбросы часто остаются необнаруженными. Дело в том, что молодая и разогретая океаническая кора на оси срединно-океанических хребтов лишена осадочного чехла, а обычная методика измерения температур предполагает установку термодатчиков в донный грунт, то есть именно в слой осадочных отложений.

В последние годы на акватории Байкала, который представляет собой тоже рифтовую зону, но только континентальную, также обнаружены районы с повышенным тепловым потоком. Предполагают, что аномалии эти — результат разогрева локальных участков дна гидротермальными растворами, которые изливаются через трещины на подводных крутых склонах озера.

Для проверки этого предположения В. А. Голубев (Институт земной коры АН СССР) сконструировал простое устройство, содержащее температурные датчики, которые можно буксировать судном у дна и, таким образом, получать детальный профиль температуры придонных вод. Прибор испытывался на Северном Байкале, где раньше обнаруживались высокие тепловые потоки. Анализ данных пока-

зал: температурная аномалия, действительно, обусловлена гидротермами, изливающимися из трещин и береговых склонов, поскольку тепловой поток в районе профиля впадения превосходит средний тепловой поток на озере. К тому же изливающиеся термальные воды сильнее минерализованы, чем окружающие воды Байкала.

Известия Академии наук СССР. Физика Земли, 1984, 1.

НОВЫЕ КНИГИ

Учебное пособие по гравиметрии

В 1983 году издательство «Наука» выпустило книгу Н. П. Грушинского «Основы гравиметрии», которая допущена Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов университетов.

Автор книги — известный советский гравиметрист, профессор МГУ — положил в основу книги курс лекций, ко-

торый Н. П. Грушинский читал свыше 10 лет. В предисловии к своей книге автор отмечает, что современная «гравиметрия есть составная часть общей науки о гравитации и строении Вселенной — космологии — в ее земном, практически важном для человеческой жизнедеятельности применении».

При изложении теории и ее приложений автор следует принципу исторической последовательности развития гравиметрии.

Всего в книге двенадцать глав. В двух первых — излагаются основные положения науки о силе тяжести. Материал третьей и четвертой глав знакомит студентов с геометрическим методом изучения фигуры Земли и с редуцированием. В пятой главе рассматривается изучение фигуры Земли гравиметрическим, а в шестой — спутниковыми методами. «Нормальная Земля» и «Гравитационные аномалии и внутреннее строение Земли» — название двух следующих глав. Методам гравитационной разведки, а также методам и приборам, предназначенным для измерения ускорения силы тяжести, посвящены девятая и десятая главы учебного пособия. В 11-й главе изложены основы морской гравиметрии, а последняя глава книги посвящена гравитационному полю Луны и планет (в основном Марса и Венеры).





Кандидат физико-математических наук
В. М. ЛИПУНОВ
Кандидат физико-математических наук
А. М. ХОХЛОВ

Астрофизики — Нобелевские лауреаты

Нобелевскую премию по физике в 1983 году разделили два выдающихся астрофизика — Субраманьян Чандрасекар и Уильям Фаулер.

С. Чандрасекар — один из крупнейших астрофизиков-теоретиков нашего времени. Он прославился тщательной математической разработкой многих астрофизических и физических задач. Нобелевская премия присуждена ему за работы о равновесии белых карликов, сделанные 53 года назад (когда ему было 20 лет!).

У. Фаулер в течение многих лет занимался теоретическими исследованиями в области физики ядра. Интерес к этим вопросам привел его в 50-х годах в группу, куда входили Фред Хойл, Маргарет и Джефри Бёрбиджи. Так сформировалась «четверка», известная как B²FN (Burbidge, Fowler, Hoyle), которая изучала происхождение химических элементов во Вселенной.

Присуждение Нобелевской премии Чандрасекару и Фаулеру показывает, что роль астрофизики в физической науке становится весьма значительной.

Субраманьян Чандрасекар — первый «чистый» астрофизик-теоретик, удостоенный Нобелевской премии. Его научные заслуги и авторитет неоспоримы.

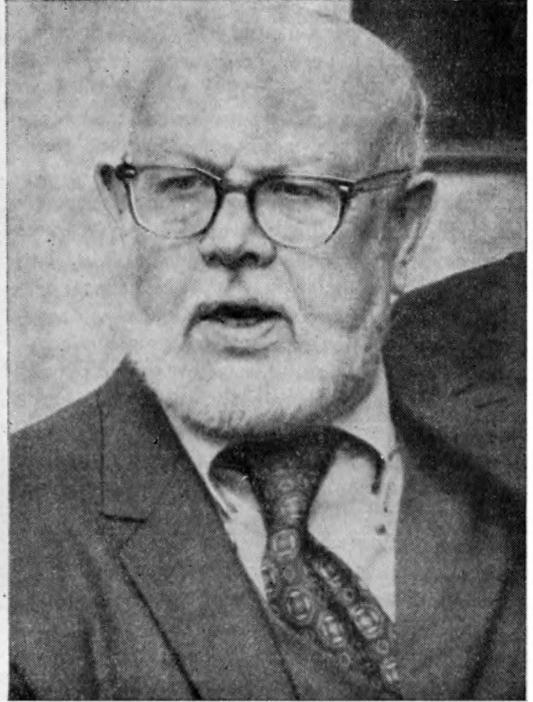
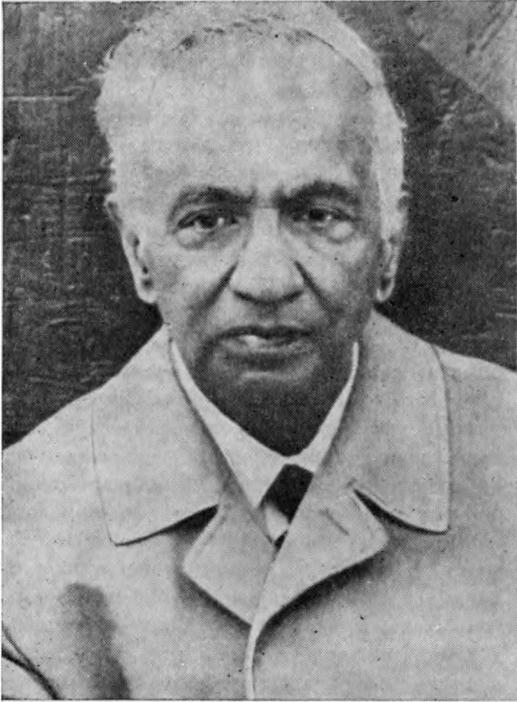
Родился Чандрасекар 19 октября 1910 года в индийском городе Лахоре (ныне Пакистан). После окончания Мадраасского университета двадцатилетним юношей приехал в Англию, где продолжил учебу, а потом и начал работу в знаменитом Тринити-колледже в Кембридже под руководством английского физика Р. Фаулера. Однако занимавшие в то время Чандрасекара проблемы, за решение которых

и была в итоге присуждена ему Нобелевская премия, «мучили» его еще раньше. По его словам, первое открытие в своей жизни он сделал на пути из Индии в Англию, на пароходе.

Чтобы понять суть и значение этого открытия, нужно представить атмосферу, царившую тогда в физике и астрономии. В 1925—1927 годах В. Гейзенберг и Э. Шредингер создали квантовую механику; в 1927 году В. Гейзенберг сформулировал принцип неопределенности; в 1928 году П. Дирак построил релятивистскую теорию движения электрона. Примерно в эти же годы Дж. Ч. Бозе, А. Эйнштейн, Э. Ферми и П. Дирак исследуют фундаментальные свойства материи с учетом квантово-механических принципов.

Новые физические идеи удивительно быстро проникли в астрономию. А. Эддингтон развил теорию звезд как гигантских плазменных шаров, в которых сила самогравитации уравновешена давлением плазмы, подчиненной уравнению состояния идеального газа. Эта теория объяснила наблюдаемые свойства большинства звезд на диаграмме Герцшпрунга—Рессела. Но всю эту прекрасную картину портила одна звезда — 40 Эридан В. Для своей высокой температуры она имела очень низкую светимость. Позднее такие звезды стали называть белыми карликами. Вскоре их удалось «взвесить». Оказалось, что известный спутник Сириуса — Сириус В имеет массу, равную солнечной, радиус — в сотни раз меньше, а плотность — в миллион раз больше солнечной!

В 1926 году английский физик Р. Фаулер показал, что при такой плотности электронный газ будет полностью вырожден. На языке квантовой механики это означает: электроны настолько плотно спрессованы, что все «свободные места» заняты (согласно принципу Паули, два электрона не могут находиться в одном состоянии, то есть занимать одну и ту же ячейку фазового пространства). Такой газ



Нобелевские лауреаты 1983 года — С. Чандрасекар (слева) и У. Фаулер

очень трудно сжать — «мешает» запрет Паули. Давление вырожденного электронного газа зависит лишь от плотности вещества. Если электроны движутся намного медленнее скорости света, то давление пропорционально плотности в степени $5/3$: $P_{эл.} \sim \rho^{5/3}$. Например, электронное давление в звезде массы M и радиуса R будет пропорционально: $P_{эл.} \sim (M/R^3)^{5/3} \sim M^{5/3}/R^5$. Давление же сил гравитации зависит от радиуса звезды слабее: $P_{гр.} \sim GM^2/R^2/R^2 \sim M^2/R^4$. Отсюда ясно, что при достаточно малом радиусе давление вырожденного электронного газа всегда уравновешивает силы тяготения, какой бы большой ни была масса звезды. Расчеты Р. Фаулера показали, что радиус белых карликов должен быть порядка 10 000 км при массе звезды, равной солнечной. Следовательно, любая звезда, сколь бы большой массой она ни обладала, может превратиться в белый карлик после того, как внутри нее иссякнут источники энергии.

Что в действительности это не так, первым понял Чандрасекар. Еще на пути из Индии

в Англию он пришел к заключению, что теория Фаулера должна быть существенно изменена.

Если мысленно увеличивать массу белого карлика, то его радиус будет становиться все меньше и меньше ($R \sim M^{-1/2}$), а, следовательно, плотность начнет возрастать. Упаковка электронов приводит к тому, что «свободным» электронам приходится занимать самые высокие энергетические уровни («верхние полки»). Так постепенно энергия электронов станет релятивистской. Чандрасекар знал, что в релятивистском случае уравнение состояния вырожденного газа приобретает вид: $P_{эл.} \sim \rho^{4/3} \sim (M/R^3)^{4/3} \sim M^{4/3}/R^4$, то есть давление вырожденного газа зависит от радиуса точно так же, как и давление сил гравитации! Это означает, что для релятивистского электронного газа существует одно, и только одно значение массы, при котором еще возможно устойчивое состояние звезды. В 1931 году Чандрасекар впервые опубликовал это максимально возможное значение массы белого карлика: $5,75/\mu_e^2 M_\odot$, где μ_e — отношение числа протонов и нейтронов к числу электронов в веществе белого карлика, M_\odot — масса Солнца. В 1931 году были известны только две элементарные частицы — электрон и про-

тон, о строении ядра ничего не знали. Поэтому Чандрасекар принял μ_e равным 2,5 и получил предельное значение массы белого карлика — $0,92 M_{\odot}$. С 1930 по 1935 год Чандрасекар создал полную и точную теорию белых карликов, которая получила великолепное подтверждение в наше время.

Справедливость и логика повествования требуют отметить работу советского физика (тоже лауреата Нобелевской премии) Л. Д. Ландау, опубликованную в 1932, но написанную в 1931 году. В этой работе Ландау независимо получил критическое значение массы, которое сейчас часто называют чандрасекаровским пределом. Именно в этой статье впервые фигурирует знакомое нам значение $1,5 M_{\odot}$ (Ландау считал $\mu_e=2$). Ландау понял, что при большей массе должен наступать коллапс (быстрое сжатие звезды), который могут остановить лишь ядерные силы; он фактически предсказал существование нейтронных звезд. Работа Ландау оказала большое влияние на дальнейшее развитие астрофизики. Так, в 1938 году американские физики Р. Оппенгеймер и Г. Волков в своих классических расчетах структуры нейтронных звезд критическое значение массы называли пределом Ландау! Возможно, справедливее его называть «предел Чандрасекара — Ландау»?

В 1936 году Чандрасекар переезжает в США, где работает в Йоркской обсерватории Чикагского университета. Обладая отличной математической подготовкой, он в дальнейшем решает ряд фундаментальных астрономических проблем (на них зачастую «спотыкались» классики физики и математики прошлого века). Чтобы составить мнение о его громадном научном потенциале, достаточно перечислить монографии ученого: «Введение в учение о строении звезд» (1939 г., русский перевод 1950 г.), «Принципы звездной динамики» (1943 г., перевод 1948 г.), «Перенос лучистой энергии» (1950 г., перевод 1953 г.), «Гидродинамическая и гидромагнитная устойчивость» (1961 г.), «Эллипсоидальные фигуры равновесия» (1969 г., перевод 1973 г.). В последнее десятилетие Чандрасекар занимается сложнейшими вопросами устойчивости и физических свойств звезд в рамках общей теории относительности. Этот труд подытожен в монографии Чандрасекара «Математическая теория черных дыр» (1982 г.). Как видим, труды Чандрасекара фактически охватывают почти все проблемы современной астрофизики и звездной динамики.

Уильям Фаулер родился 9 августа 1911 года в Питтсбурге. Окончил университет Огайо и Калифорнийский технологический институт, в котором и работает с 1936 года.

В 1957 году в одном из номеров журнала «Review of Modern Physics» появилась статья, озаглавленная «Синтез элементов в звездах». Ее авторами были ныне всемирно известные астрофизики М. и Дж. Бёрбиджи, Ф. Хойл и У. Фаулер. Проблема происхождения химических элементов во Вселенной приобрела особую остроту в начале 50-х годов. Разрабатываемая Г. А. Гамовым теория, связывающая образование химических элементов с «Большим взрывом», то есть с самыми ранними фазами расширения Вселенной, когда галактик и звезд не было и в помине, встретила с серьезными трудностями. Одновременно в работах ряда ученых начали формироваться новые идеи о происхождении химических элементов в звездах. Современная научная концепция о происхождении химических элементов была впервые четко сформулирована, а также подвергнута детальной разработке и анализу именно в статье Бёрбиджей, Фаулера и Хойла. Суть ее кратко сформулирована в самом заголовке статьи: химические элементы образуются в звездах на различных стадиях их эволюции в ходе ядерных реакций. Три года спустя, в 1960 году, вышла в свет не менее важная работа Фаулера и Хойла «Нуклеосинтез в сверхновых звездах». Эти две работы фактически составили основу современной теории происхождения химических элементов и теории взрывов сверхновых — грандиозного явления, которым часто заканчивается в общем-то спокойная жизнь звезд, — двух теорий, органически связанных друг с другом. Однако и теория Гамова не утратила своего значения. Считается, что во время «Большого взрыва» образовались легкие элементы, вплоть до гелия-4, а возможно, и некоторые другие.

Все звезды светят, а следовательно, теряют энергию. В недрах звезд происходят ядерные реакции, в результате которых выделяется тепло, благодаря чему потери энергии с поверхности звезды компенсируются. Если ядерные реакции по какой-либо причине «выключатся», звезда начнет медленно сжиматься. В обычных звездах главной последовательности и в нашем Солнце источником тепла служит реакция превращения водорода в гелий. Фаулер и его соавторы рассуждали примерно так. Запасы водорода в звезде не безграничны

ны. Рано или поздно в центральных областях звезды он будет исчерпан и его место займет гелий. Но гелий и сам — неплохое ядерное горючее. Как показал Э. Солпитер, три ядра гелия могут с выделением тепла превращаться в одно ядро углерода. Но и гелий в конце концов должен кончиться. Что ж, тогда ядерным топливом станет углерод, затем наступит очередь неона и магния — продуктов горения углерода, потом — кремния и т. д. Но вот в центре звезды образуется плотное и горячее железное ядро, окруженное концентрическими слоями из различных элементов, промежуточных между железом и водородом, и внешней водородной оболочкой. Никакие ядерные реакции с участием элементов группы железа уже не могут идти с выделением тепла — звезда полностью лишается запасов ядерной энергии.

Железное ядро звезды постепенно сжимается. При этом из-за высокой температуры, господствующей в центральных областях звезды, ядра железа будут разрушаться, превращаясь в основном в ядра гелия. Но теперь уже ядерная энергия не выделяется, а поглощается. Это в свою очередь способствует дальнейшему сжатию ядра. Сжатие может стать катастрофическим — начнется гравитационный коллапс звезды. Фаулер с соавторами предположили, что взрывы сверхновых звезд связаны именно с этим явлением. В веществе, выбрасываемом из сверхновых, будут находиться различные элементы с атомными номерами, промежуточными между водородом и железом. Эти химические элементы — продукты ядерных реакций, протекавших как на спокойных этапах эволюции звезды, так и непосредственно при ее взрыве.

Нарисованная выше эволюционная схема возможна, однако, лишь для достаточно массивных звезд — более 8—10 солнечной. У менее массивных звезд дело до железного ядра не доходит. В их недрах образуются вырожденные ядра, состоящие из углерода, а также гелия. Если такая звезда по какой-либо причине потеряет или сбросит свою внешнюю водородную оболочку, оголенное ядро, остыв, превратится в белый карлик. Фаулер и Хойл в статье «Нуклеосинтез в сверхновых звездах» пришли к выводу, что подобные вырожденные ядра и белые карлики фактически являются огромными термоядерными бомбами. Известно, что давление вырожденного вещества зависит только от плотности, а не от температуры. Благодаря этому ядерные реакции, раз-

начавшись, будут неограниченно ускоряться, что неизбежно закончится термоядерным взрывом и полным разрушением звезды или белого карлика. Сейчас считается, что ядерные реакции, сопровождающие такой термоядерный взрыв, должны приводить к образованию различных химических элементов, начиная от углерода и до элементов группы железа включительно. Поджигание же такой «термоядерной бомбы», по современным представлениям, может быть вызвано, например, сложными процессами перетекания вещества со звезды на звезду в тесной двойной системе.

Образование химических элементов при взрывах сверхновых звезд подтверждается многочисленными наблюдениями. Наиболее неопровержимым доказательством явилось недавнее обнаружение с борта космических обсерваторий большого количества железа, кальция, серы, кремния и некоторых других элементов в остатках сверхновых звезд.

До сих пор речь шла только о происхождении элементов группы железа и более легких. Бёрбиджи, Фаулер и Хойл убедительно показали, что за образование элементов тяжелее железа (начиная, скажем, с меди и кончая радиоактивными элементами вроде урана) ответственны реакции последовательного присоединения нейтронов к ядрам группы железа.

В дальнейшем Фаулер со своими коллегами посвятил много сил расчетам и экспериментальным определениям скоростей различных ядерных реакций, имеющих важное значение в процессах синтеза химических элементов. Сводный каталог скоростей ядерных реакций, постоянно уточняемый и дополняемый Фаулером, служит основой для всех современных работ по теории нуклеосинтеза и взрывов сверхновых звезд.



Леонард Эйлер — великий астроном

Осенью 1983 года мировая научная общественность отметила 275 лет со дня рождения и 200 лет со дня смерти Леонарда Эйлера. Ученый-энциклопедист, он своей беспримечной деятельностью сыграл выдающуюся роль в развитии всего естествознания. Многие научные идеи Эйлера и полученные им результаты положили начало большому числу самостоятельных областей знания и не потеряли своей новизны и значимости и в последующие века. Это в равной мере относится и к классической астрономии, которая благодаря трудам Эйлера и его коллег из Петербургской и Берлинской академий наук достигла в XVIII столетии невиданного расцвета. Эйлер, несомненно, был звездой первой величины на небосклоне науки XVIII века. Такой же звездой он остается и в наше время, ибо яркость излучения его уникального таланта за 200 лет, прошедшие после смерти ученого, нисколько не убавилась.

Леонард Эйлер родился в 1707 году в маленьком поселке близ Базеля в Швейцарии, в семье пастора Пауля Эйлера. Семнадцати с половиной лет от роду он окончил Базельский университет, где занимался математикой под руководством знаменитого профессора Иоганна Бернулли, отца выдающихся ученых, членов Петербургской академии наук — Николая и Даниила Бернулли. 24 мая 1727 года двадцатилетний Эйлер по предложению братьев Бернулли приехал в Петербург, где стал действительным членом Петербургской академии. Первый петербургский период жизни Эйлера охватывает 1727—1741 годы, второй продолжался с 1766 по 1783 год до самой смерти ученого. С 1741 по 1766 год Эйлер жил в Берлине, куда был приглашен прусским королем Фридрихом II для работы в Берлинском обществе наук, вскоре преобразованном в Академию. Примерно 60 лет занимался Эйлер научной деятельностью, из них 31 год ученый провел в России, в Петербурге.

Но и, находясь в Берлине, Эйлер не прекращал научные связи с Петербургской академией, фактически был ее активным, действующим членом. Петербургская академия и Эйлер составляли единое, нерасторжимое целое. Он хорошо понимал ту определяющую роль, которую сыграла в его жизни российская Академия, и добром платил за добро. В письме тогдашнему советнику канцелярии Петербургской академии И. Д. Шумахеру он писал: «Что собственно до меня касается, то при отсутствии такого превосходного обстоятельства (приглашения в российскую Академию.— *Е. Г.*), я бы вынужден был, главным образом, обратиться к другим занятиям, в которых, по всем признакам, мог бы заниматься только крохоборством. Когда его королевское величество (прусский король Фридрих II.— *Е. Г.*) недавно меня спросил, где я изучал то, что знаю, я, согласно истине, ответил, что всем обязан своему пребыванию в Петербургской академии». В этом письме Эйлер подчеркивает, что лишь в Петербурге он получил возможность заниматься теми науками, огромное дарование к которым проявилось у него с детских лет.

Кем же был Леонард Эйлер? Математиком? Механиком? Астрономом? Физиком? Наиболее правильный, на наш взгляд, ответ следующий: он был и великим математиком, и великим механиком, и великим астрономом, и великим физиком. Короче говоря, он был гениальным ученым, корифеем. Эйлер считается также одним из наиболее плодovitых ученых во все времена. Он написал примерно 850 работ (статей, трактатов, монографий) и несколько тысяч писем научного содержания. Подсчитано, что на переписку его богатейшего научного наследия человеку потребовалось бы 50 лет непрерывной работы по 8 часов ежедневно. И среди этого огромного количества примерно седьмую часть (около 120 работ) составляют астрономические труды Эйлера. Как и в других точных науках, астроно-



Леонард Эйлер (1707—1783)

мические исследования Эйлера имели фундаментальный характер. Они открыли новые пути в классической астрономии, да и в наши дни лежат на магистральных направлениях астрономической науки.

Каковы же эти направления? Прежде всего — теория возмущений, основы которой попробуем здесь изложить.

К концу XVII столетия благодаря открытиям Кеплера, Галилея и Ньютона была завершена математическая теория невозмущенного движения планет и их спутников. Стали известны три закона планетных движений (законы Кеплера), оказавшиеся, как установил

Ньютон, следствиями закона всемирного тяготения. Было показано, что если Солнце и планета взаимно притягивают друг друга по закону всемирного тяготения, то движение планеты вокруг Солнца (точнее, вокруг центра масс системы Солнце + планета, который практически совпадает с центром Солнца) будет происходить по законам Кеплера, и никак иначе. Такая астрономическая модель предполагает, что на планету, помимо солнечного притяжения, никакие другие силы не действуют, то есть во всем пространстве существуют только два тела — Солнце и планета. Но в реальном мире картина несколько иная. На каждую планету действуют также силы взаимного притяжения со стороны других планет, давления солнечной радиации, приливные силы, сопротивление межпланетной среды, которые искажают эллиптические орбиты планет и спутников. Реальные траектории небесных тел представляют собой замысловатые, незамкнутые, пространственные кривые — их только приближенно можно рассматривать как эллипсы. Определить параметры подобных пространственных кривых трудно, и тот математический раздел небесной механики, который занимается вычислением возмущенных орбит небесных тел, и называется теорией возмущений. В гениальном произведении Ньютона «Математические начала натуральной философии» мы находим некоторые основополагающие идеи теории возмущений, но все же основателем этой теории следует считать Леонарда Эйлера. В его астрономических мемуарах приведены общие идеи методов теории возмущений и решения конкретных астрономических задач.

Сначала остановимся на разработанных Эйлером теориях движения Луны. Нужды мореплавания, необходимость в более точном отсчете времени, в различного рода календарях — все это требовало более точной информации об окружающем мире, более точного знания движения небесных тел. После открытия закона всемирного тяготения ученые создали около 20 лунных теорий, из которых две принадлежат Эйлеру. Такое обилие теорий объясняется тем, что Луна оказалась чрезвычайно сложным объектом для небесной механики, и ни одна из лунных теорий, принадлежавших другим ученым, не удовлетворяла требованиям практики. С другой стороны, каждый выдающийся математик получал отличную возможность продемонстрировать силу своего математического таланта, ре-

шая задачу о движении Луны. Наконец, хорошим материальным и моральным стимулом для занятия лунной проблемой служили регулярно объявляемые академиями наук различных государств Европы тематические премии и высокий профессиональный уровень ученых — членов жюри.

Задача о движении Луны принадлежит к уникальным и труднейшим в небесной механике. Притяжение Луны Солнцем настолько значительно, что даже два-три оборота Луны вокруг центра масс системы Земля + Луна не могут быть описаны неизменяющимся в пространстве эллипсом. По этой причине многие выдающиеся математики — современники Леонарда Эйлера, обессмертившие себя эпохальными открытиями, с задачей о движении Луны не справились, так как они трактовали ее как задачу с малыми возмущениями.

Что же предложил Эйлер? По существу, он предложил то, что единственно разумно в задачах с большими возмущениями. Он фактически отказался от эллипса как начального приближения и включил в это приближение некоторые возмущающие факторы. Такая «перестройка» задачи и привела к тому, что в лунных теориях Эйлера удалось эффективно применить математическую теорию возмущений.

Первая лунная теория Эйлера — это и первая аналитическая (в буквенном, а не в численном виде) теория, максимальным образом использующая имевшийся тогда обширный наблюдательный материал. Именно астрономические наблюдения позволили Эйлеру добиться выдающегося с точки зрения практики результата. На основе этой лунной теории немецкий астроном Т. Майер вычислил сверхточные для того времени лунные таблицы — эфемериды. Интересно, что после публикации своей первой лунной теории Эйлер продолжал ее совершенствовать на протяжении почти трех десятилетий. Напечатанные им на эту тему статьи оказали большое влияние на исследователей XIX столетия, в частности на Дж. Хилла, который во второй половине XIX века блестяще развил идеи Эйлера и создал основы наиболее совершенной теории движения Луны.

Вторая лунная теория Эйлера также принадлежит к замечательным исследованиям по небесной механике. Здесь Эйлер впервые излагает полное решение главной задачи в теории движения Луны — движение Луны под

действием притяжения Земли и Солнца при условии, что все три тела рассматриваются как материальные точки, а центр масс системы Земля + Луна перемещается относительно Солнца по эллиптической орбите. Труды Эйлера, посвященные второй лунной теории, отмечены премией Парижской академии наук в 1770 и 1772 годах.

Теории движения Луны Эйлера имеют большое методологическое значение для астрономии, так как в них весьма выпукло проявляется общая закономерность, характерная для любого серьезного исследования: эффективное, удовлетворяющее потребностям практики решение может быть получено только на пути разумного сочетания абстрактной теории (здесь имеется в виду выбор математической модели) и правильной интерпретации результатов эксперимента (в данном случае — наблюдений Луны). Эйлер понимал, что самая остроумная математическая конструкция не имеет права на длительное существование, если она оторвана от практической деятельности людей. Это творческое кредо гениального ученого проявляется не только в его астрономических работах, но фактически во всех его трудах.

Если бы Эйлер помимо теорий движения Луны не решил более ни одной астрономической задачи, этого все равно было бы достаточно, чтобы считать его одним из основателей постньютоновой классической астрономии. Но эйлеровский гений не ограничился этой сложнейшей задачей астрономии. Много работ он посвящал решению одной из наиболее сложных задач астрономии и механики: задачи трех тел.

Знаменитая задача трех тел удивительно проста по формулировке: требуется найти закон движения каждой из трех материальных точек, взаимно притягивающих друг друга в соответствии с законом всемирного тяготения. Несмотря на усилия великих математиков, задача до сих пор полностью не решена, но первый шаг в этом направлении сделал Эйлер в работе, опубликованной в 1766 году. Он нашел коллинеарные частные решения задачи трех тел. Оказывается, что в зависимости от масс притягивающихся тел и их начальных скоростей существует такая прямолинейная «жесткая» конфигурация, при которой три тела находятся на одной прямой. Подобная конфигурация будет вечной, а сама прямая может двигаться в пространстве особым образом. Если центр масс этих трех тел

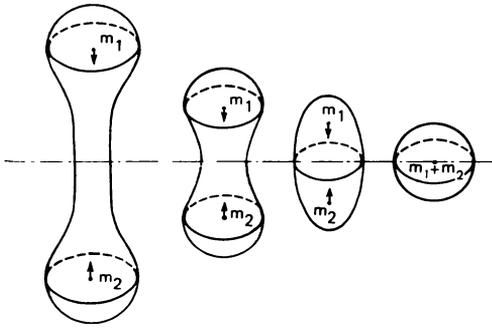
всегда движется в пространстве равномерно и прямолинейно, то прямая способна не только перемещаться параллельно самой себе, но и вращаться вокруг центра масс.

Несколько лет спустя Ж. Лагранж нашел другое частное решение задачи трех тел, в котором три притягивающие друг друга материальные точки образуют «вечный» равносторонний треугольник. Он либо неподвижен в пространстве, либо его центр тяжести движется в пространстве прямолинейно и равномерно, а сам треугольник вращается с постоянной угловой скоростью. Эти частные решения задачи трех тел, получившие название «точек либрации», сыграли выдающуюся роль в развитии многих разделов современной математики и механики, особенно в теории устойчивости. В частности, лагранжевы решения используются для описания движений в системе Солнце + Юпитер + троянцы (одно из семейств астероидов).

Спрашивается, что произойдет с треугольником, если массы, находящиеся в его вершинах, в некоторый момент времени «сдвинуть» с вершины, то есть немного деформировать треугольник? Всегда ли эта фигура будет похожей на равносторонний треугольник или почти равносторонний треугольник «развалится»? Иначе говоря, можно ли считать равносторонний треугольник устойчивой фигурой?

Ответ на этот вопрос был получен лишь спустя 200 лет после того, как Эйлер и Лагранж нашли точки либрации в задаче трех тел, и он стоил огромных усилий многим выдающимся математикам прошлого и настоящего. Оказалось, что если две массы из трех намного меньше третьей (на много порядков), то такой почти равносторонний треугольник, как правило, сохраняется вечно.

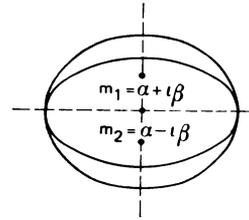
Укажем еще одно направление современной небесной механики, зародившееся в трудах Эйлера. В 1765 году он опубликовал статью «О движении тела, которое притягивается двумя неподвижными силовыми центрами», где дано полное решение задачи двух неподвижных центров. Сама задача состоит в изучении движения математической точки в поле тяготения, которое порождается ньютоновым притяжением двух других материальных точек, неподвижных в пространстве. Несмотря на изящное решение, полученное Эйлером и Лагранжем, задача двух неподвижных центров два столетия не находила хорошего приложения. Дело в том, что два неподвижных центра создают примерно такое



Изображение тел типа «гантели», «огурца» и шара, гравитационный потенциал которых аппроксимируется двумя притягивающимися массами m_1 и m_2

же гравитационное поле, как и вытянутое тело во внешнем для него пространстве (в зависимости от величин масс и взаимных расстояний — тело типа «гантели» или «огурца»). Все большие планеты и спутники имеют форму, близкую к сжатым, а не вытянутым телам вращения, поэтому для аппроксимации гравитационных полей планет и спутников нельзя воспользоваться этой классической задачей двух неподвижных центров. Однако если рассмотреть обобщенную задачу двух неподвижных центров, в которой массы могут быть комплексными величинами, то такая модель хорошо аппроксимирует гравитационное поле сжатых у полюсов тел вращения. Благодаря обобщенной задаче двух неподвижных центров появилась хорошая возможность для описания полей тяготения планет, в частности Земли. С помощью этой задачи удастся построить высокоточные теории движения искусственных спутников Земли.

Астрономические работы Эйлера не ограничиваются небесной механикой. Он опубликовал несколько десятков научных статей, посвященных различным вопросам практической астрономии, астрометрии, геодезии, географии и картографии. Широта научных интересов и высочайший профессионализм Эйлера в областях знания, весьма далеких друг от друга, поражают воображение. В 1738—1740 годах



Изображение сжатого у полюсов тела вращения, потенциал которого аппроксимируется притяжением двух комплексно сопряженных масс $m_1 = \alpha + i\beta$, $m_2 = \alpha - i\beta$

Эйлер выполнил работу, в которой заложил основы динамической теории приливов, и в это же время он публикует статью «Определение степени тепла и холода в различных местах Земли и в различное время», ставшую, по видимому, первой работой по астроклимату. Выполняя поручение руководства Петербургской академии, Эйлер ряд лет возглавлял Географический департамент Академии, участвовал в разработке общего проекта карты России и в составлении Географического атласа Российской империи.

Бесценно эпистолярное наследие Эйлера. Письма — М. В. Ломоносову, французскому математику и механику П. Мопертюи, французскому астроному Н. Лакайлю, академикам Ж. Делилю и Г. Гейнзиусу, другим ученым — представляют собой, в сущности, замечательные научные работы, посвященные актуальным проблемам того времени: градусным измерениям на земной поверхности, фигуре Земли, астрономическим таблицам, рефракции света в атмосфере и др.

Труды Леонарда Эйлера и в наши дни служат неисчерпаемым источником новых творческих идей, поэтому их изучение сегодня также актуально и полезно, как и при жизни великого ученого.



Премия Московского комсомола — молодым астрономам

Премии МГК ВЛКСМ в области науки, техники и производства за 1983 год удостоены сотрудники Государственно-

го астрономического института имени П. К. Штернберга (ГАИШ) кандидат физико-математических наук А. С. Рас-



**Лауреаты премии
МГК ВЛКСМ в области науки,
техники и производства
за 1983 год (слева направо):
В. Г. Сурдин, Ю. В. Барнин,
С. Ю. Шугаров, А. С. Расторгуев**

торгуев, кандидат физико-математических наук В. Г. Сурдин и С. Ю. Шугаров, а также доцент Московского высшего технического училища имени Н. Э. Баумана кандидат физико-математических наук Ю. В. Барнин.

Цикл работ молодых астрономов ГАИША «Строение и эволюция шаровых звездных скоплений» включает и наблюдательные, и теоретические исследования наиболее старых звездных образований нашей Галактики. Интерес к ним в ГАИШе традиционен: их изучение началось еще до войны, а в 1974 году известный советский астроном Б. В. Кукаркин опубликовал монографию «Шаровые скопления», содержащую каталог всех 129 известных к тому времени скоплений.

Несмотря на малую численность шаровых скоплений, они играют важную роль в эволюции Галактики. Самые массивные из скоплений с числом звезд до 10^5 — 10^6 , взаимодействуя с одиночными звездами Галактики, испытывают торможение и попадают в центральную область Галактики. Там они частично разрушаются приливными силами, а наиболее плотная сердцевина

скоплений принимает участие в формировании галактического ядра. Сам факт существования у массивных галактик типа нашей компактного ядрышка размером в несколько парсек с плотностью до 10^7 звезд/пк³ естественно объясняется свойствами системы шаровых скоплений. Разреженное и протяженное гало Галактики также обязано им своим происхождением. А. С. Расторгуев, В. Г. Сурдин и С. Ю. Шугаров показали, что шаровые скопления к настоящему времени потеряли большую часть своих звезд, которые и сформировали гало Галактики. Оставшиеся несколько сотен скоплений — это лишь ничтожная часть некогда грандиозной системы звездных скоплений, заполнявших нашу Галактику.

Для того, чтобы определить возраст и химический состав шаровых скоплений, необходимо изучить в них слабые звезды главной последовательности, доступные лишь в наиболее крупные телескопы. Молодые астрономы исследовали эти звезды на 6-метровом телескопе Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. Полученные данные позволили в 1,5 раза увеличить имеющийся в мире материал по фотометрии слабых непроэволюционировавших звезд шаровых скоплений. Используя связь между химическим составом звезд шаровых скоплений и их положением в Галактике, А. С. Расторгуев, В. Г. Сурдин и С. Ю. Шугаров

предложили новый метод определения расстояния от Солнца до центра Галактики. По этому методу расстояние до центра Галактики оценивается примерно в 10 кпк — величину сейчас общепринятую.

Изучая эволюцию шаровых скоплений, А. С. Расторгуев, В. Г. Сурдин и С. Ю. Шугаров смогли объяснить замеченную ранее зависимость между светимостью скоплений, их положением в Галактике и степенью концентрации в них звезд. Оказывается, лишь скопления с определенными параметрами могут противостоять разрушающему воздействию приливных сил Галактики. Поэтому из совокупности некогда разнообразных шаровых скоплений сохранились только те, которые менее всего разрушались приливными силами.

Исследовались и особенности движения скоплений по галактическим орбитам. Орбита скопления и распределение звезд на его периферии определяются все теми же приливными силами и, следовательно, зависят от того, через какие области Галактики пролетает это скопление. Если же орбиты скоплений нам будут известны, то мы вплотную подойдем к решению вопроса о происхождении скоплений (а возможно, и всей нашей Галактики).

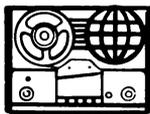
Помимо внутренней структуры и динамики шаровых скоплений молодые астрономы ГАИША изучали и отдельные звезды в них. Например, было исследовано несколько десят-

ков переменных звезд, и особенно подробно — изменение периодов их блеска.

Работа Ю. В. Баркина называется «Современные проблемы динамики небесных тел», хотя некоторые из решенных в ней задач были сформулированы еще в XVII веке. Например, эмпирические правила, описывающие вращательное движение Луны (известны как «законы Кассини»), установлены в 1693 году. С тех пор неоднократно предпринимались попытки теоретического обоснования этих «законов». Трудность в том, что непосредственно из уравнений движения Луны «законы Кассини» не вытекают. Частично эта проблема была решена Ж. Лагранжем, но он использовал упрощенные уравнения движения Луны. В последние годы к «законам Кассини» вновь возник интерес, поскольку аналогичные закономерности обнаружены в движении Меркурия и некоторых других тел Солнечной системы.

Ю. В. Баркин впервые нашел точные решения уравнений движения Луны, которые позволили глубоко и полно описать «законы Кассини», а также объяснить резонансные либрации Луны, обнаруженные при лазерной локации. Он дал теоретическое истолкование открытых в 1976 году постоянных угловых смещений осей инерции Луны относительно направления на Землю, предсказал наиболее тонкий из наблюдаемых эффектов — малое смещение центра масс Луны над плоскостью ее невозмущенной орбиты. Ю. В. Баркин объяснил месячные вариации с амплитудой около 1 м в расстояниях между точками на поверхности Земли и Луны, а также исследовал влияние несферичности некоторых тел Солнечной системы на их орбитальное движение.

Все четыре лауреата премии Московского комсомола — воспитанники физического факультета МГУ.



НАШИ
ИНТЕРВЬЮ

Переходные зоны между континентами и океанами

В декабре 1983 года в Сочи состоялся Международный симпозиум «Строение и динамика переходных зон. К 100-летию международной геофизики». Около 200 участников этого представительного форума ученых, включающего специалистов из СССР, Великобритании, ГДР и Японии, в течение недели обсуждали различные аспекты исследования переходных зон между континентом и океаном. Наш корреспондент Э. К. Соломатина взяла интервью у ведущих специалистов, занимающихся изучением переходных зон, — П. М. СЫЧЕВА, Г. Б. УДИНЦЕВА, И. П. КОСМИНСКОЙ, Б. С. ВОЛЬВОВСКОГО, М. Е. АРТЕМЬЕВА, С. УЕДЫ.

Что представляют собой переходные зоны между континентом и океаном и какое научное и практическое значение имеет исследование этих зон?

Доктор геолого-минералогических наук П. М. СЫЧЕВ (Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт Дальневосточного научного центра АН СССР):

Когда говорят о переходных зонах между континентом и океаном, приходится рассматривать два различных типа перехода. В одних случаях это довольно спокойный переход с постепенным увеличением глубины океана (пассивные окраины, характерные для побережья Атлантики), в других — я имею в виду главным образом западную часть Тихого океана — картина совершенно иная. Здесь существует цепь островных дуг, как бы отделяющих материк от океана. Под островными дугами понимают современные вулканические цепи, которые отделяются сами от океанов глубоководными желобами. В результате часто наблюдается такая система: краевой вал со стороны океана — глубоководный же-

лоб — собственно островная дуга и, наконец, окраинные моря, омывающие сушу. Эти районы — активные окраины. Здесь в земных недрах протекают интенсивные процессы, вызывающие землетрясения, вулканизм, контрастные вертикальные движения земной коры. Такие процессы (мы еще не полностью их себе представляем), вероятно, были характерны для многих районов Земли. Но если в других местах они уже прекратились, то здесь их можно непосредственно наблюдать и на основе наблюдений делать научные и практические выводы.

Благодаря исследованиям в переходных зонах активного типа мы лучше стали понимать строение и состав земных недр, но проблем здесь, конечно, еще немало. Например, в переходной зоне Тихого океана зарегистрирован необычно большой тепловой поток, что, несомненно, говорит о бурных процессах в недрах. Однако, каков механизм переноса тепла на поверхность, мы пока не знаем. Его трудно объяснить в рамках распространенной сейчас гипотезы тектоники литосферных плит, су-



В зале заседаний

щество которой так ярко и, я бы сказал, эмоционально представил в своем докладе на симпозиуме японский ученый С. Уеда. Я имею в виду прежде всего результаты глубоководного бурения с американо-японского судна «Гломар Челленджер» в районе активных окраин. По существу, нигде не было получено доказательств погружения литосферных плит, которое должно происходить, согласно этой гипотезе, в районах глубоководных желобов. Данные бурения указывают на существование интенсивных вертикальных движений на внутренних склонах желобов и скорее их можно истолковать в пользу гипотезы фиксизма.

Говоря о практическом значении исследований в переходных зонах, нельзя не отметить, что их результаты важны для понимания того, как формируются месторождения полезных ископаемых и как искать их на больших глубинах. Здесь мы сталкиваемся и с жизненно важной проблемой, ведь в зонах перехода активного типа происходят катастро-

фические землетрясения и цунами, извержения вулканов. На советском Дальнем Востоке и в Японии организована служба предупреждения таких стихийных бедствий, разрабатываются и совершенствуются методы их предсказания. Уже имеющиеся блестящие предсказания вулканических явлений были бы невозможны, если бы здесь не велись детальные и целенаправленные наблюдения.

Каковы основные направления работы симпозиума?

Доктор географических наук Г. Б. УДИНЦЕВ (Институт физики Земли АН СССР):

На симпозиуме обсуждалось пять основных тем. Первая из них — «Граница океан-континент во времени и в пространстве». Изучение положения этой границы имеет глубокий смысл. Ведь одно из важных следствий решения этой проблемы — нахождение пределов распространения в океане полезных ископаемых, которые связаны с земной корой континентального типа. В переходных зонах эта кора преобразуется, видоизменяется, но содержащиеся в ней вещества (скажем, нефть) не исчезают. Так что вопрос

о том, где проходит граница между континентом и океаном, — это и вопрос о том, как далеко в океане нужно искать те или иные полезные ископаемые. А это в последнее время стало приобретать и юридическую окраску, поскольку касается охраны различными странами своих прав на разработку минеральных ресурсов.

Большое внимание участников симпозиума привлекла тема «Неоднородности в верхней мантии. Соотношение поверхностных структур с глубинными». Изучение таких неоднородностей (причем, это не какие-то вторичные случайные явления, напротив, они вызваны различными процессами) чрезвычайно важно. Кроме научного интереса мы здесь снова сталкиваемся с практическими вопросами. К примеру, на Соломоновых островах, в зоне перехода, найдены кимберлитовые трубки, которые до недавнего времени считались «монополией» континентальных щитов. Признаки существования таких трубок обнаружены и на ближайшем океаническом плато Онтонг-Джава. И если там найдут алмазы, то можно будет сделать вывод: условия в океане столь неоднородны, что там можно найти самые

различные полезные ископаемые.

Одно из основных различий между континентом и океаном в том, что в океанах развиты базальты, которые по своим химическим свойствам отличаются от базальтов суши. И встает вопрос о вещественном составе структур в переходных зонах и структурах переходного типа. Химическому составу коры и верхней мантии Земли, роли вулканизма и магматизма в области окраин и связанном с ними проблемам была посвящена тема симпозиума «Петрохимические особенности переходных зон».

Много дискуссий вызвала тема симпозиума «Седиментационные бассейны, закономерности размещения, модели образования и эволюции». Здесь много нерешенных вопросов, связанных с тем, как и почему формируются котловины окраинных морей — эти своеобразные «ловушки» для осадочного материала, поступающего с континентов. Седиментационные (осадочные) бассейны, образующиеся всюду за шельфами, перспективны на нефть, а следовательно, их изучение опять-таки связано с сугубо практическими вопросами.

Чтобы представить себе полную картину процессов и явлений в переходных зонах, ученые должны объяснить все, что они там наблюдают. Исходя из данных наблюдений, они строят различные модели, объединяющие эти процессы и явления и позволяющие понять, как развивался и жил тот или иной регион. Заключительная тема симпозиума так и называлась «Динамические модели образования и эволюции структур пассивных и активных океанических окраин».

Переходные зоны от континента к океану начали изучать в нашей стране в период Международного геофизического года. Как начинались эти исследования и какие изменения произошли к настоящему времени!

Доктор физико-математических наук И. П. КОСМИНСКАЯ (Институт физики Земли АН СССР):

Это, действительно, началось в конце 50-х годов на тихоокеанском побережье. Там

тогда работала комплексная экспедиция, в которой мне довелось участвовать. Наши представления об этой области были предельно элементарными. Знали мы, конечно, что есть там глубоководный желоб, островные дуги, но какова их природа и связь с другими структурными формами, было для нас, как говорится, тайной за семью печатями. Тогда впервые применили на море — и в больших масштабах — глубинное сейсмическое зондирование, магнитный, гравиметрический и другие методы, хорошо отработанные на суше. Это поистине были наши университеты. За два сезона экспедиция покрыла измерениями всю акваторию Охотского моря и прилегающей части Тихого океана. До сих пор не существует аналогов подобных работ по охвату территории и частоте наблюдений. Позднее были сделаны также профили на суше, выходящие в океан.

Переходная зона стала для нас откровением. Благодаря удачному расположению линии наблюдения нам удалось пересечь все главные элементы рельефа этого региона. Выявился яркий контраст между континентальными и океаническими структурами, оказалось, что переходная зона — не просто стык континента с океаном, это область, где чередуются разные типы земной коры, находящиеся на разных стадиях развития. Тогда же были построены первые карты мощности осадочных пород региона и мощности земной коры. В том или ином виде эти результаты все время демонстрировались на симпозиуме.

За прошедшую с тех пор четверть века представления об океанических окраинах сильно изменились, так как возрос уровень техники и пополнилась и стала более детальной методика наблюдений. Здесь уместно напомнить, как развивалась геофизическая наука в последние десятилетия. Во время МГГ было сделано много открытий и стало понятно, что причины изучаемых явлений и процессов скрыты глубоко в недрах Земли. В 1960 году член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов предложил научный проект

«Верхняя мантия». Но, реализуя этот проект, мы, по существу, изучали земную кору, а не мантию Земли, потому что уровень техники отставал от фантазии ученых. И только когда начали осуществлять Геодинамический проект в 70-х годах (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 44.— Ред.), перешли к детальному изучению верхней мантии Земли. К тому времени техника шагнула вперед — ее развитие стимулировало научные идеи.

Теперь мы имеем более или менее ясное представление о том, как устроены переходные зоны и как взаимодействуют все их структуры. Детальное изучение осадочного чехла у тихоокеанского побережья СССР привело к тому, что в Охотском море теперь добывают нефть. Расширилась методика исследований, к примеру, сейсморазведочные методы стали там обычным явлением. Возросла глубинность сейсморазведки (до 10 км под дном), а благодаря спутниковой навигации — и их детальность. На востоке нашей страны — и в этом большая заслуга тех, кто работал там во время МГГ, — вырос Дальневосточный научный центр АН СССР, располагающий прекрасными научно-исследовательскими институтами и постоянно действующими комплексными экспедициями. Немало интересных докладов сделали на симпозиуме представители этих научных учреждений.

Расскажите, пожалуйста, о международном сотрудничестве в изучении переходных зон и участии советских ученых в этом сотрудничестве.

Доктор геолого-минералогических наук Б. С. ВОЛЬВОВСКИЙ (Межведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР):

К 60-м годам различные страны выполнили много исследований на океанах и континентах, в результате чего удалось получить первые представления о тектонике и глубинном строении различных районов Земли. В 1966 году в Токио собрался Тихоокеанский конгресс, на котором проявился огромный интерес ученых именно к переходным зонам



Участники симпозиума
(слева направо):

Б. С. Вольвовский (СССР),

П. М. Ботт (Англия),

С. Уеда (Япония),

А. М. Карасик (СССР)

Фото В. Г. Сафронова

между океаном и континентом. В 1968 году мы начали сотрудничество в Тихом океане с японскими учеными. Позднее к этим исследованиям присоединились американские, австралийские, новозеландские специалисты. Советско-японское сотрудничество развивалось плодотворно, были даже созданы совместные комитеты сотрудничества в нашей стране и в Японии. Результатом сотрудничества стали многочисленные публикации, симпозиумы, а самое главное, мы приступили к выполнению работ по специальным проектам, таким, как «Геотраверсы», «Вулканизм островных дуг», проектам, связанным с работой на длинных сейсмических профилях. Все эти исследования были направлены на то, чтобы понять, какие процессы происходят в глубинных частях литосферы и как они влияют на формирование земной коры в переходных зонах.

Каково Ваше впечатление, как иностранного гостя, о симпозиуме?

Профессор С. УЕДА (Институт по изучению землетрясений при Токийском университете, Япония):

Во-первых, я хотел бы поблагодарить Оргкомитет симпозиума за то, что он организовал такую представительную встречу ученых. И несмотря на то, что в ее работе смогли принять участие немногие иностранные гости, симпозиум оказался весьма интересным и полезным. На нем было представлено много докладов советских ученых, посвященных исследованиям в переходных зонах от континента к океану, и я получил возможность познакомиться с этими интересными работами. Мне хотелось бы также от имени всех иностранных ученых, присутствующих на симпозиуме, поблагодарить его организаторов и ученых за то необыкновенное гостеприимство, которое нам здесь оказали. В теперешней сложной международной обстановке ученые стремятся объединиться, и такие встречи способствуют этому.

За последние 15 лет в науках о Земле произошла револю-

ция, и сейчас существуют две основные противоборствующие концепции в этих науках — мобилизм и фиксизм. Соперничество между ними ярко проявилось в докладах и дискуссиях на симпозиуме. Я — крайний мобилист и приветствую тех ученых, которые приняли и развивают новые взгляды. Но я испытываю уважение и к тем, кто не изменил своих убеждений и по-прежнему придерживается концепции фиксизма. Мне было бы любопытно посмотреть, как изменится ситуация во взглядах на эту проблему в вашей стране лет через десять...

На симпозиуме было сделано около сотни докладов. Какие вопросы были наиболее дискуссионными и какие доклады — наиболее интересными?
Доктор технических наук М. Е. АРТЕМЬЕВ (Институт физики Земли АН СССР):

Важный для науки и практики вопрос о природе переходных зон между континентом и океаном сейчас привлекает внимание специалистов всех направлений наук о Земле. Он пока далек от решения, хотя существуют различные точки зрения, и авторы их часто весьма настойчивы в утверждении своих представле-

ний. Это, конечно, не может не вызывать дискуссий, и на нашем симпозиуме они подчас были довольно бурными. В докладах были высказаны различные точки зрения на природу активных и пассивных окраин. Они группируются вокруг двух основных противоречивых и, я бы даже сказал, антагонистических взглядов — концепции тектоники литосферных плит, предполагающей огромные горизонтальные перемещения верхних оболочек Земли (мобилизма), и концепции, в которой предпочтение отдается вертикальным движениям (концепция фиксизма).

В рамках двух этих концепций есть много разновидности. Японский профессор С. Уеда изложил основные положения тектоники литосферных плит и некоторые новые представления, детализирующие эту концепцию. Точка зрения члена-корреспондента АН СССР Ю. М. Пуцаровского, отраженная в его докладе, во многом перекликается с концепцией мобилизма, но имеет отличия и, мне кажется, пока не стала такой строгой и логически завершенной, как тектоника литосферных плит. Представление о преобладающей роли вертикальных движений в образовании переходных зон содержалось в докладе члена-корреспондента АН СССР В. В. Белоусова.

Сейчас существует группа ученых — и я, пожалуй, принадлежу к ним, — считающих, что не следует рассматривать научную гипотезу как догму, которой нужно слепо следовать и которую нужно непременно отстаивать, если, конечно, у ученого нет внутренней убежденности в своей правоте. У меня нет твердой внутренней убежденности, что концепция тектоники литосферных плит, несмотря на ее привлекательность, — доказанный факт. Нужно искать новые факты и сравнивать их с теоретическими представлениями, и окончательное решение будет зависеть от того, сможем ли мы в рамках той или иной концепции объяснить новые факты.

Вопрос о природе переходных зон имеет прямой практический смысл. Ведь от того, какая концепция окажется пра-

вильной, зависит направление работ, связанных с поиском минеральных ресурсов, совершенно меняется представление о происхождении полезных ископаемых и о том, где их искать, а самое главное, какие прогнозы могут быть в этом отношении.

Хотелось бы сказать немного о докладах, прочитанных на симпозиуме. В числе их я отмечу выступления наших иностранных гостей. Интересный доклад сделал английский геохимик Дж. А. Пирс. Он предложил новый метод изучения эволюции земной коры переходных зон с помощью анализа редкоземельных элементов. Доклад английского ученого М. П. Ботта был посвящен образованию угленосных бассейнов. Результаты петрологических исследований, важные для понимания процессов, происходящих преимущественно в области активных окраин, доложили советские геохимики А. Я. Шараськин, Л. В. Дмитриев, Г. С. Закариадзе. Среди докладов о механизме образования переходных зон выделялся доклад В. О. Михайлова, посвященный объяснению природы образования

мощных толщ осадочных пород (толщиной до 15—20 км), заполняющих гигантские впадины вдоль побережья Атлантики и Индийского океана. Эти толщи заключают в себе лавиную долю объема всех осадочных пород на Земле — практически единственного резервуара нефти и газа. Совершенно иную модель образования этих впадин, связанную с изменением вещества в нижней части земной коры, изложил в своем докладе на симпозиуме С. В. Соболев. Насыщенный информацией доклад сделал Л. Э. Левин, в нем содержались фактические данные, создающие картину эволюции осадконакопления пассивных и активных океанических окраин.

Словом, интересных докладов было много и, по мнению самих участников симпозиума, они позволили различным специалистам в науках о Земле — геологам, геофизикам, геохимикам — обменяться информацией, совместно и плодотворно обсудить животрепещущие проблемы и, в конечном итоге, лучше понять друг друга.

НОВЫЕ КНИГИ

Мир снежных проблем

Книга А. К. Дюнина «В царстве снега» (издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983) — первое научно-популярное издание, посвященное современному снеговедению. Это новая наука, сведений о которой пока нет ни в одной энциклопедии, так как она сформировалась сравнительно недавно в связи с быстрым освоением Заполярья, Антарктиды, северной Сибири, Канады, Аляски.

Книга состоит из шести глав. В первой автор знакомит читателя с развитием науки о снеге (его физическими свойствами впервые заинтересовались в начале прошлого века русский ученый В. В. Петров и японский исследователь Дой-Тошицура). Необычные свойства снега — тема второй главы. Здесь речь идет о его теплофизике, теплопроводности,

радиационных свойствах, разнообразии снежных кристаллов.

В третьей, четвертой и пятой главах автор рассказывает о буранах, снежных лавинах и методах борьбы с ними. Дана классификация метелей, описаны процессы их развития. Представлены география и свойства снежных лавин. Среди методов защиты от буранов главное место теперь занимают задерживающие и сдувающие снег устройства и снегозащитные лесонасаждения. Наиболее надежное средство защиты от лавин — противолавинные инженерные сооружения. Несколько их разновидностей описывает автор.

О том, как снег служит человеку, читатель узнает из последней главы книги. Особое место в последней главе отводится проблеме охраны окружающей среды.

Книга адресована инженерам, преподавателям, студентам, учащейся молодежи.



Доктор физико-математических наук
Р. В. ОЗМИДОВ

Здоровье океана — наблюдение и охрана

Трудно переоценить роль Мирового океана в жизни человечества. Однако в последнее время человек все больше и больше берет у океана, проявляя мало заботы о его здоровье. В ряде районов океана обнаружилось оскудение запасов промысловых организмов из-за неограниченного вылова, обширные зоны оказались сильно загрязненными нефтяными продуктами, промышленными сбросами. Стало ясно, что если не принять эффективных мер по охране океана, то его ресурсы могут быть существенно подорваны, а его климато- и погодообразующая роль может стать труднопредсказуемой и, по всей видимости, неблагоприятной для жизни на Земле.

Охранные меры должны иметь, естественно, разнообразный характер. Здесь и строгие регламентации по объему промысла морепродуктов, и предотвращение или уменьшение сбросов загрязняющих веществ в океан, меры по предупреждению аварийных разливов нефти на морских нефтепромыслах и при ее перевозке.

Разумеется, все эти мероприятия нужно проводить при постоянном глобальном наблюдении — мониторинге — за состоянием океана как сложной физико-химической и биологической системы. Мониторинг должен оперативно давать информацию о состоянии океана и о происходящих в нем изменениях, информацию эту нужно использовать для быстрого установления причины негативных явлений и принятия мер к их устранению (Земля и Вселенная, 1980, № 3, с. 2.— Ред.). Однако задача мониторинга сильно усложняется тем, что кроме ан-

тропогенных причин существуют и естественные, природные процессы, обуславливающие вариации всех параметров океана. И скорости, и направления океанских течений испытывают естественные флуктуации, меняются температура вод и теплозапас отдельных районов океана. Изменения физических характеристик океана неизбежно ведут к вариациям содержания химических (в частности, биогенных) элементов и кислорода в его водах, а это, в свою очередь, вызывает колебания в видовом и количественном составе живущих в море организмов.

Наряду с периодическими суточными и годовыми вариациями параметров океана происходят и более сложные непериодические флуктуации (от короткопериодных до многолетних и даже вековых), причины которых еще окончательно не

установлены. Таким образом, результаты антропогенных воздействий на океан надо уметь обнаружить на фоне возможных естественных вариаций параметров среды. Отсюда ясно, что для действенности мониторинга и своевременности мер по предотвращению неблагоприятных воздействий на океан необходимо также знать причины, закономерности и границы естественной изменчивости океана. Все это делает проблему мониторинга и охраны океана чрезвычайно сложной, комплексной и многоплановой.

Для обсуждения проблем мониторинга и охраны океана и был организован Первый

На заседании симпозиума.
Академик Л. М. Бреховских (слева)
и член-корреспондент
АН СССР Ю. А. Израэль



Международный симпозиум, проходивший в Таллине 2—10 октября 1983 года. Из многих стран мира съехались специалисты по физике, химии и биологии океана, по экономическим проблемам, по вопросам взаимодействия океана с атмосферой, по климатообразующей роли океана. Кроме того, в работе симпозиума приняли участие ученые, имеющие опыт организации мониторинга окружающей среды, специалисты по вопросам морского права, а также представители международных организаций, занимающихся исследованиями Мирового океана и охраной среды. Оргкомитет симпозиума возглавлял крупнейший советский океанолог академик Л. М. Бреховских, а заместителем его был председатель Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и конт-

ролю природной среды член-корреспондент АН СССР Ю. А. Израэль.

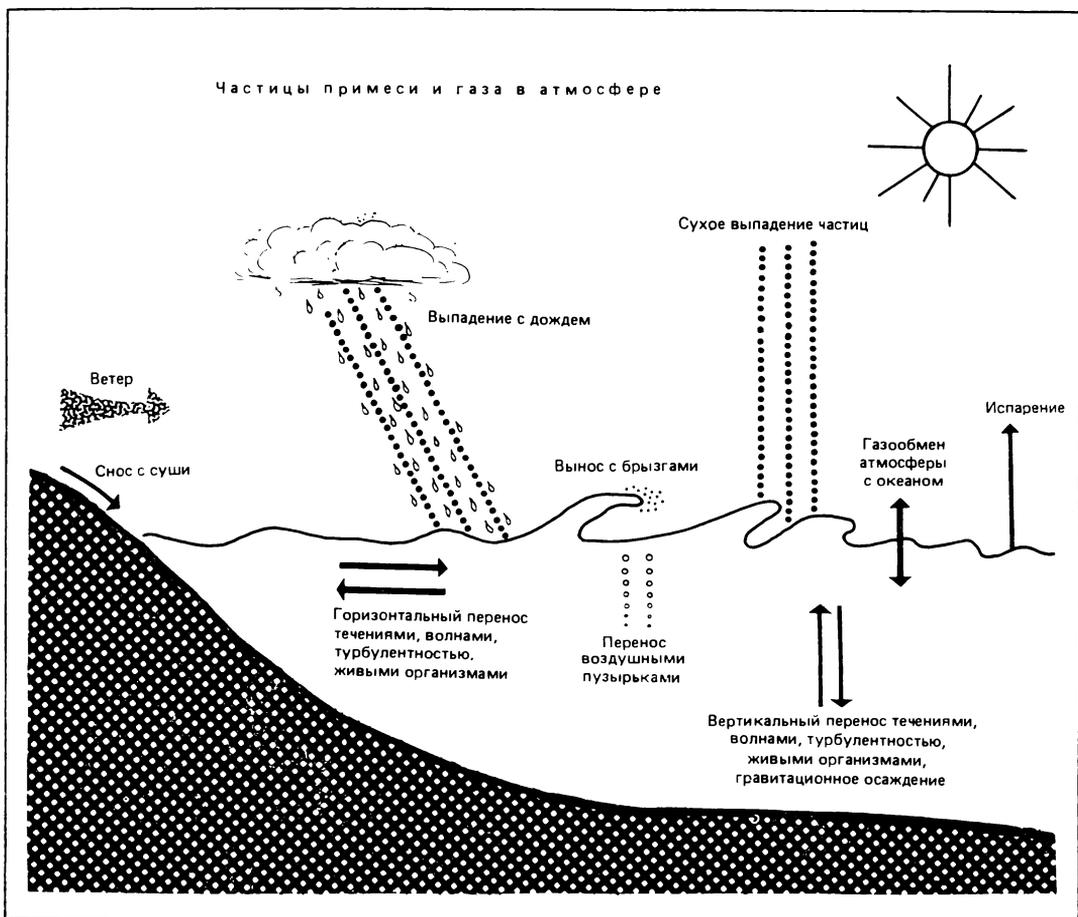
На симпозиуме планировалось сделать обзор научных проблем, связанных с экологическими и физическими аспектами мониторинга океана, обменяться информацией о новейших достижениях в этой области знания и, наконец, дать рекомендации для возможного международного научного сотрудничества в области комплексного глобального мониторинга океана.

На пленарной сессии симпозиума были прочитаны доклады по основным направлениям проблемы. Более детальное обсуждение ее отдельных аспектов происходило на экологической и физической секциях симпозиума.

Сколь велика в настоящее время степень загрязнения

океана? Данные расчетов и наблюдений, приведенные в пленарном докладе Ю. А. Израэля и А. В. Цыбань, показывают, что в настоящее время поступление в океан токсичных веществ, таких, как свинец, ртуть, кадмий, в значительной степени происходит из антропогенных источников. В океан приносятся вредные вещества типа ДДТ, которые прежде вообще не существовали в природе. Более 90% нефти в океанской воде — антропогенного происхождения. Интересно отметить, что в притоке этих веществ в океан немалую роль играет не только сток с материков, но и перенос атмосферой. Поэтому важная за-

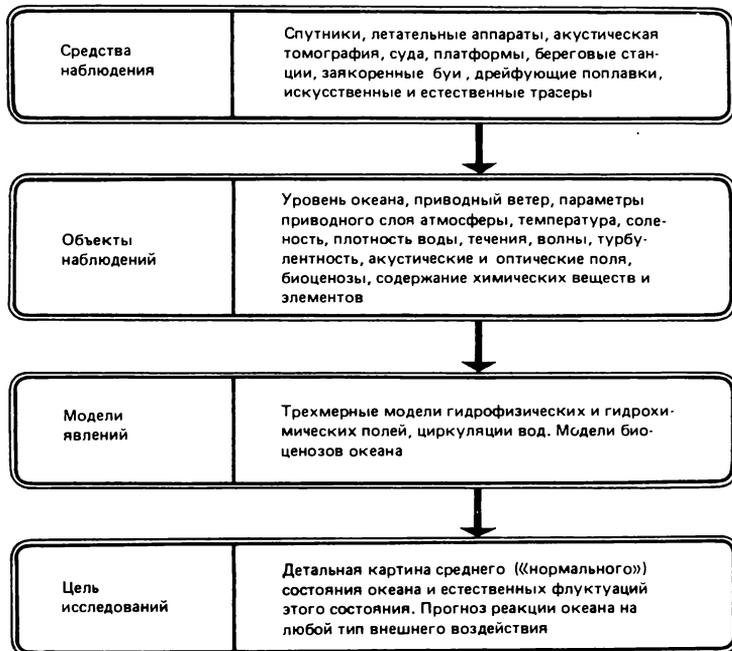
Механизмы поступления различных веществ в океан



дача мониторинга, как отметили докладчики,— выяснение механизмов переноса загрязняющих веществ морскими течениями и движениями воздуха. Особенности океанской и атмосферной циркуляции могут при этом приводить к тому, что в океане возникнут отдельные зоны с повышенными концентрациями загрязнений. А океанские организмы, в свою очередь, способны аккумулировать эти вещества и передавать их по пищевым цепям вплоть до продуктов, потребляемых человеком. В связи с этим некоторые морские организмы могут служить чувкими индикаторами загрязнения океана тем или иным веществом.

Важная задача мониторинга океана, как уже упоминалось,— выяснение роли его естественной и антропогенной изменчивости в формировании и изменчивости климата земного шара. Такие зависимости в системе океан — атмосфера в настоящее время еще окончательно не выяснены, но связь аномалий состояния океана с атмосферными процессами прослеживается. Это четко показал в своем докладе известный американский океанолог Р. Ревелл. Выяснению физической сущности и количественных критериев таких связей посвящен советский проект исследования океана и атмосферы, получивший название «Разрезы». Основой этого проекта, изложенного в докладе академика Г. И. Марчука с соавторами, служит понятие об энергоактивных зонах океана — районах, где обмен энергией, теплом и влагой между океаном и атмосферой наиболее интенсивен. В энергоактивных зонах уже начали проводиться регулярные океанологические и метеорологические наблюдения, они будут осуществляться и в дальнейшем. Такие наблюдения позволят выработать физико-математические модели глобальных процессов взаимодействия океана с атмосферой, что затем даст возможность прогнозировать взаимообусловленные и взаимосвязанные вариации состояний этих двух сфер земного шара.

Океанологические и метеорологические исследования в отдельных районах Земли, ес-



Общая схема мониторинга океана

тественно, нужно дополнять данными спутниковых наблюдений, позволяющих охватывать огромные территории за короткие промежутки времени. Возможностям и перспективам спутникового мониторинга океана был посвящен доклад академика АН УССР Б. А. Нелепо и Г. К. Каратаева. В настоящее время по дистанционным измерениям со спутников можно определять температуру поверхности океана, скорость ветра вблизи поверхности, радиационный баланс океана, степень волнения, изучать проявления внутренних волн на поверхности океана. Эти данные позволят изучать изменчивость океанских течений и фронтальных зон, наблюдать зарождение и эволюцию крупных океанских вихрей (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 14.— Ред.).

Для успешного контроля за океаном весьма важно знать закономерности распространения в нем загрязняющих веществ. Попадающая в океан примесь не только переносится течениями, но и распростра-

няется в прилегающие водные массы посредством турбулентной диффузии. Интенсивность ее зависит от многих факторов, которые, как показал в своем докладе автор статьи, можно учесть при совместном решении системы уравнений, описывающих движения океанских вод и параметры процесса диффузии. Здесь важно учитывать турбулентный характер движения вод океана. Турбулентные флуктуации скорости течений и плотности воды вызывают флуктуации и концентрации диффундирующей примеси, что может привести к образованию зон с опасным уровнем загрязнения.

Доклады на секционных заседаниях симпозиума показали, насколько широким должен быть фронт исследований океана, чтобы его мониторинг и охранные мероприятия имели под собой надежный научный фундамент. Программы глобальных наблюдений физическими параметрами океана и процессов его взаимодействия с атмосферой должны дополняться модельными теоретическими расчетами, позволяющими не только объяснять наблюдаемые факты, но и прогнозировать реакцию океана на из-

меняющиеся внешние воздействия. Биологи должны познать всю сложную картину функционирования биоценозов океана, особенности их взаимодействия с окружающей средой. Необходимо также определить точные допустимые концентрации различного рода вредных веществ в океане, которые можно считать безвредными для его обитателей. Надо научиться определять, как будут мигрировать эти вещества в водной среде и по пищевым цепям морских организмов. Экологи должны уточнить, какова ассимиляционная емкость океана, позволяющая ему принимать определенные количества чуждых веществ без нарушения функционирования и основных особенностей океанских биоценозов. Причем все эти исследования необходимо осуществлять, тесно координируя друг с другом, так как изме-

нение одного из параметров океана неизбежно приводит к вариациям всех элементов этого сложного и единого организма, функционирование которого «отрабатывалось» природой многие миллионы лет. Естественно, что такая комплексная программа мониторинга Мирового океана может успешно осуществляться лишь при тесной международной кооперации и при объединении усилий многих стран мира. Определенный опыт подобной кооперации уже имеется.

В качестве первого примера проекта глобального мониторинга океана можно назвать программу наблюдений за нефтяными загрязнениями, организованную в начале 70-х годов Межправительственной океанографической комиссией (ИОС) и Всемирной метеорологической организацией (ВМО). Работы по проекту практически

начались в 1975 году и заключались главным образом в визуальных наблюдениях за нефтяными загрязнениями с проходящих судов. В 1976 году ИОС опубликовала Комплексный план исследования глобального загрязнения морской среды, который предусматривал научный подход к определению степени загрязнения океана.

Симпозиум по комплексному глобальному мониторингу Мирового океана в Таллине сыграл важную роль в укреплении международного сотрудничества в проблеме охраны океана. Обсуждение всех сторон проблемы на симпозиуме, а также принятые на нем решения помогут научно обосновать и развить работы, цель которых — борьба за чистоту океана.

Окись углерода в земной атмосфере

Известно, что в последние десятилетия растет фоновая концентрация атмосферных газов, имеющих частично или полностью антропогенное происхождение. Причем, как показывают оценки, в северном полушарии среди источников атмосферной окиси углерода (СО) антропогенные составляют от 40 до 60%. Однако до недавнего времени не было надежных экспериментальных данных об изменении фоновой концентрации этого газа.

В 1970—1982 годах спектроскопические измерения содержания окиси углерода в атмосфере над Звенигородом провели сотрудники Института физики атмосферы АН СССР Е. В. Дворяшина, В. И. Дианов-Клюков и Л. Н. Юрганов. Анализ данных показал, что содержание СО в атмосфере зависит от сезона: оно максимально весной и минимально летом. Среднегодовое содержание также заметно изменяется, возрастая каждый год на 1,4—1,7%. Основываясь на этих данных, авторы предполагают, что к 2000 году содержа-

ние СО в атмосфере может возрасти на 20—30% по отношению к 80-м годам.

Известия Академии наук СССР. Физика атмосферы и океана, 1984, I.



НОВЫЕ КНИГИ

«Полярные сияния»

Так называется книга Ю. Г. Мизуна, которую в 1983 году выпустило издательство «Наука» в серии «Человек и окружающая среда».

Это научно-популярная книга, адресованная тем, кого интересуют необычные явления природы. К числу таких явлений относятся и полярные сияния. Автор книги отмечает, что «под давлением экспериментальных данных таин-

ственность и загадочность полярных сияний постепенно отступает. Но интерес к ним остается. Более того, кажется, что в настоящее время мы нащупали только контуры предмета (хотя, конечно, успехи в изучении полярных сияний на сегодняшний день очень велики), а проработка всех тонкостей и деталей впереди».

Читатель познакомится с прежними воззрениями на полярные сияния, с подробным описанием этого красивого явления природы, современными методами исследования. Поскольку полярные сияния относятся к одному из проявлений солнечной активности, автор рассказывает о Солнце и его активности, свойствах межпланетного магнитного поля и магнитного поля нашей планеты. В книге приведены необходимые сведения из физики плазмы и дается представление о структуре магнитосферы Земли. Все это позволяет автору перейти к подробному рассмотрению различных видов и форм полярных сияний, а также показать роль, которую играет исследование полярных сияний в изучении земной атмосферы.



Доктор физико-математических наук
В. М. КОНТОРОВИЧ

Всесоюзная конференция радиоастрономов

В октябре 1983 года в Харькове проходила XV Всесоюзная конференция по галактической и внегалактической радиоастрономии, собравшая свыше 200 участников, из которых около 150 составили гости из крупнейших радиоастрономических обсерваторий и институтов страны. Было заслушано 74 доклада на пленарных заседаниях (в том числе 14 обзорных) и 98 докладов представлены на стендах.

Теперь, спустя 50 лет после пионерских работ К. Янского, изучение Вселенной, в особенности ее эволюции, уже не мыслимо без радиоастрономии. Радионебо существенно отличается от привычного звездного неба прежде всего тем, что на нем ярко светят не звезды, а объекты совсем другого рода. Среди них — радиогалактики и квазары, у большинства из которых радиоизлучение поступает от двух гигантских облаков, по размеру значительно превосходящих «родительскую» галактику, видимую в оптическом диапазоне. Облака располагаются симметрично по обе стороны галактики на расстояниях до сотен килопарсек от ее центра. Тем не менее источник энергии заключен, по всей вероятности, в ядре галактики, откуда тянутся к радиооблакам струи, «видимые» в основном в радиодиапазоне. До сих пор не разгаданы ни механизмы активности ядер, ни природа струй, ни способ трансформации энергии струй в радиоизлучение облаков. Поэтому столь большой интерес вызвал доклад Н. С. Кардашева об исследованиях ядра нашей Галактики и о модели, которая с единых позиций объясняет его активность в радио-, рентгеновском



Члены оргкомитета конференции (слева направо):
С. Я. Брауде,
Л. Н. Литвиненко, А. Д. Кузьмин

и гамма-диапазонах. Эта модель предполагает наличие массивного компактного объекта (возможно, двойного — в наиболее экзотическом варианте содержащего черную дыру) в центре Галактики. Он обладает мощным магнитным полем и быстро вращается, генерируя электрические поля. Это как бы аналог массивного пульсара, ускоряющего пучок электронов и позитронов, направленный поперек плоскости Галактики и в свою очередь порождающий пучок гамма-квантов. Мы наблюдаем лишь очень малую часть выделяемой при этом энергии. Таким образом, наше галактическое ядро может быть не столь спо-

койным, как это представляется.

Обзор активных ядер других галактик сделал Б. В. Комберг. В той или иной степени активность проявляют ядра большинства галактик. У самых активных, как правило, более массивные ядра, вещество сильнее концентрируется к галактическому центру (много объектов сферической составляющей), повышенное содержание газа и пыли. Образованию активного ядра способствует скучивание галактик и взаимодействие между ними, иногда даже приводящее к «канибализму». О свойствах радиогалактик, входящих в скопления, к которым относятся и все ярчайшие радиогалактики, рассказал Р. Д. Дагкесаманский.

Результаты интерферометрических наблюдений радиогалактик на самых длинных — дека-



**Выступают (слева направо):
Н. С. Кардашев,
Т. А. Лозинская,
Ю. Н. Парийский**

метровых радиоволнах привел в своем докладе А. В. Мень. На интерферометре УРАН-1 (база 42,2 км) удалось обнаружить компактные радиоисточники в скоплении галактик в созвездии Персея, а также в остатках вспышек сверхновых звезд — Кассиопея А и Крабовидная туманность, что согласуется с измерениями методом мерцаний на декаметровом радиотелескопе АН УССР — УТР-2. Особый интерес был проявлен к наблюдению компактной детали в Кассиопее А, о чем рассказал В. П. Бовкун. Напомним, что в этом самом молодом «историческом» остатке взрыва сверхновой пульсар не обнаружен.

С обзорным докладом, посвященным современным данным об остатках вспышек сверхновых звезд, выступила Т. А. Лозинская. Эти объекты — одни из самых ярких на радионебе. Из 150 радиоизлучающих остатков сверхновых около 40 видны в оптическом и около 50 — в рентгеновском диапазоне. Только в нескольких обнаружены звездные остатки взрыва (нейтронные звезды) в виде пульсаров. Ранее думали, будто пульсары просто «не видны» из-за неудачной ориентации радиолуча, но рентгеновские наблюдения показывают, что нейтронных звезд действительно нет в большинстве остатков, имеющих обо-

лочечную структуру. Последние возникают при взрыве маломассивных звезд — сверхновых I типа. После взрыва массивных звезд — сверхновых II типа — образуются пульсары, которые поставляют в окружающую их туманность ускоренные частицы, генерируют в ней магнитное поле. В результате возникает другой тип остатка — плерионы, долгое время имеющие не оболочечную, а объемную структуру (как, например, знаменитая Крабовидная туманность). В такой туманности яркость возрастает к центру. Радиоизлучение сверхновой возникает не сразу, а спустя несколько месяцев после взрыва. Возможным причинам этого был посвящен доклад В. Н. Федоренко.

Много внимания на конференции было уделено пульсарам. В своем обзорном докладе А. Д. Кузьмин и В. С. Бескин остановились на открытии первого внегалактического пульсара (PSR 0512-66) в Большом Магеллановом Облаке; обнаружении короткопериодических пульсаров: PSR 1937+21 с периодом пульсации около 1,5 мс (Земля и Вселенная, 1983, № 2, с. 12.— Ред.) и PSR 1953+29 с периодом около 6 мс, причём последний входит в двойную систему. Точность «хода» этих пульсаров примерно 1 мкс, что соответствует точности атомных стандартов времени. В двойных системах открыто уже 4 пульсара, благодаря чему удалось оценить массы нейтронных звезд (около 1,4 солнечной), плотность плазмы внутри звездной магнитосферы (около 10^{-3} частиц в 1 см^3)

и главное — осуществить с недоступной ранее точностью экспериментальную проверку общей теории относительности, предсказывающей, в частности, гравитационное излучение в двойных системах. Это излучение определяется по изменению параметров орбиты двойной системы, которые можно точно измерить, если в двойной системе есть пульсар.

Пульсары представляют собой уникальную физическую лабораторию, и их радиоизлучение несет огромную информацию о состоянии вещества в сильных полях. Но полностью расшифровать ее не удается из-за отсутствия детальной теории радиоизлучения пульсаров.

Детальному анализу интеримпульсного излучения (появлению помимо основного еще и промежуточных импульсов), наблюдаемого в основном на декаметровых волнах, был посвящен обзор Ю. М. Брука. Декаметровые интеримпульсы, обнаруженные харьковскими радиоастрономами с помощью УТР-2 на частоте 25 МГц (Земля и Вселенная, 1981, № 5, с. 24.— Ред.), наблюдались также на антенне Физического института АН СССР на частотах 60 и 30,6 МГц и американскими радиоастрономами во Флориде на частоте 26,3 МГц. Природа этого явления до сих пор не раскрыта.

Изучение проблемы звездообразования с недавних пор стало одним из важнейших применений радиоастрономии. Наблюдение радиолиний (в том числе мазерных) в темных непрозрачных облаках позволяет получить детальную информа-

Во время обсуждения
стендового доклада
(слева направо):
Ю. Н. Парийский,
Н. С. Соболева,
А. Р. Амрханян,
А. Г. Горшков



цию о динамике и структуре областей звездообразования. Этому был посвящен обзорный доклад В. С. Стрельницкого и Р. Л. Сороченко и ряд других докладов. Тем не менее, основное положение о формировании звезд из межзвездной среды до сих пор еще нельзя считать экспериментально доказанным, и нужны детальные спектральные исследования в радиодиапазоне.

О ведущем на декаметровом радиотелескопе УТР-2 изучении рекомбинационных линий углерода рассказал А. А. Коноваленко. Эти линии, обладающие рядом необычных свойств, удается наблюдать при переходах между уровнями энергии с рекордно большими «порядковыми» номерами (главными квантовыми числами) от $n=603$ до $n=732$ (!). Совсем недавно радиоастрономы Физического института АН СССР и Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга (ГАИШ) обнаружили рекомбинационные радиолнии на метровых волнах ($n=538$ и 486). Наблюдения столь высоко расположенных переходов позволяют определять физические условия в холодных поглощающих облаках межзвездной среды.

Эволюции химического и изотопного состава межзвездной среды был посвящен доклад В. И. Слыша.

Исключительный интерес представляют радиоастрономические наблюдения для космологии. Расширяющаяся Вселенная в прошлом, при красном смещении около 1000 (все расстояния были в 1000 раз меньше сегодняшних), прошла этап, когда остывающее вещество из ионизированного состояния перешло в нейтральное и отделилось от излучения. От той поры и сохранилось реликтовое излучение, наполняющее Вселенную и остывшее к настоящему времени до температуры примерно 3К. Это излучение должно было сохра-



нить сведения о неоднородностях вещества, существовавших при красном смещении 1000 и давших впоследствии начало галактикам и их скоплениям (Земля и Вселенная, 1982, № 6, с. 35.— Ред.). Флуктуации яркости реликтового фона исследовались на радиотелескопе РАТАН-600 Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. О результатах этих наблюдений, включенных в программу эксперимента «Холод», рассказал Ю. Н. Парийский. С точностью до 10^{-5} мелкомасштабных флуктуаций релик-

В перерыве
между заседаниями:
В. С. Беснин (слева)
и А. Д. Кузьмин

тового излучения не обнаружено, что ставит целый ряд проблем перед теориями происхождения галактик.

Одна из альтернатив упоминалась Н. С. Кардашевым в дискуссии после доклада Ю. Н. Парийского. При красном смещении 10 Вселенная вновь могла стать непрозрачной вследствие вторичного разогрева при образовании мас-

сивных звезд. После вторичного разогрева Вселенной могли сохраниться лишь крупномасштабные флуктуации реликтового фона. Поиск таких флуктуаций начат с борта искусственного спутника «Прогноз-9» по программе эксперимента «Реликт», в котором используется слабонаправленная антенна высокой чувствительности.

Одна из важнейших задач радиоастрономии — составление подробной «радиокарты» неба, о чем рассказали на конференции представители коллективов, ведущие радиообзоры на телескопах УТР-2 и РАТАН-600. В частности, М. Г. Ларионов сообщил, что на волне 8 см радиоастрономы ГАИШа обнаружили около 10 000 радиоисточников, треть из которых — новые.

Интересные доклады были посвящены знаменитому объекту SS 433, в миниатюре напоминающему грандиозные внегалактические объекты (Земля и Вселенная, 1980, № 4, с. 20.— Ред.), поляризационным исследованиям, проводящимся на метровых волнах в Горьковском научно-исследовательском радиофизическом институте, микроволновому излучению магнитных звезд, кольцевой структуре магнитных полей в Галактике и многим другим интересным и важным вопросам.

Исключительно оживленно проходили стендовые секции. В холле перед актовым залом Харьковского университета, где шли заседания, вывешивались стендовые доклады. Учитывая, что тезисы всех представленных докладов были отпечатаны к началу конференции, это создавало благоприятные условия для обсуждений. По мнению участников, такая форма представления докладов себя оправдала.

Основу радиоастрономии, как и любой области астрономии, составляют наблюдения. В решении конференции отмечено, что сейчас остро чувствуется необходимость в развитии современной базы для наблюдений в радиодиапазоне, особенно в его коротковолновой части. Это помогло бы успешно решать стоящие перед радиоастрономами задачи.

Фото Ю. Юрченко

Ученый секретарь ВАГО
С. И. ДУБКОВА
Вице-президент ВАГО,
доктор физико-математических наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ

Первые Бредихинские чтения



Впервые через 80 лет после смерти Ф. А. Бредихина волжская земля в разгар золотой осени принимала астрономов. Красочный транспарант на центральной площади города Заволжска и развешанные повсюду плакаты извещали о предстоящих Бредихинских чтениях, рисунок кометы встречался повсюду и смотрелся неким символом происходящего. Каждый житель города знал имя исследователя этих космических «хвостатых чудовищ» — русского ученого XIX века Федора Александровича Бредихина (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 35.— Ред.).

Интерес к знаменитому астроному возник у заволжан не случайно. Дело в том, что неподалеку от Заволжска, в поселке Бредихин, сохранилось имение А. Д. Богодской — жены ученого. В этом имении Федор Александрович лю-

Президиум

торжественного заседания, посвященного памяти Ф. А. Бредихина. На трибуне — второй секретарь Заволжского райкома КПСС А. И. Нечаев

бил проводить летнее время, и именно здесь, как он говорил, его «посещали самые плодотворные идеи». Несколько лет назад краевед С. П. Волкова предложила создать в бывшем имении музей. Усилия ее не пропали даром: в 1981 году, к 150-летию со дня рождения Ф. А. Бредихина, был открыт историко-научный музей его имени.

Ценные материалы о Бредихине передали музею Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга, Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО),

Пулковская обсерватория, а также архивы Москвы и Ленинграда. Среди экспонатов музея — телескоп Мерца, принадлежавший Ф. А. Бредихину и подаренный им Нижегородскому кружку любителей физики и астрономии, который создавался при ближайшем содействии ученого. Теперь Горьковское отделение ВАГО — приемник кружка — вернуло телескоп туда, где Ф. А. Бредихин начинал с его помощью первые в России спектроскопические наблюдения.

Весной 1983 года партийные и советские организации Заволжска предложили провести в городе Бредихинские чтения. Инициатива была одобрена, и вот 14—16 сентября Центральный совет ВАГО, Институт теоретической астрономии АН СССР и рабочая группа Астрономического совета АН СССР «Динамика малых планет и комет» провели мемориальное заседание и конференцию по кометной и метеорной астрономии.

Бредихинские чтения открыл первый секретарь Заволжского райкома КПСС А. Д. Горин. С приветствиями выступили президент ВАГО, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже, заместитель директора Института теоретической астрономии АН СССР, профессор

Ю. В. Батраков и другие ученые. Второй секретарь Заволжского райкома КПСС А. И. Нечаев рассказал о музее, организации которого отдал немало сил. Он представил собравшимся гостью чтений — Нину Александровну Зарудную, внучатую племянницу Бредихина, выступившую с воспоминаниями об ученом. Федор Александрович был человеком очень эмоциональным, прекрасно рисовал, писал стихи, знал пять языков, был необычайно интересным собеседником. В общении с людьми его отличали справедливость суждений и независимость взглядов. Его идеал — борющийся против гнета порабитителей герой трагедии «Виргиния» итальянского драматурга В. Альфьери, стихотворный перевод которой он сделал в 1871 году (опубликован со вступительной статьей Ф. А. Бредихина в «Вестнике Европы», 1871, № 7).

С обстоятельным докладом об общественной деятельности Бредихина и его научном наследии выступил Ю. В. Батраков. Докладчик привел слова П. К. Штернберга о Бредихине: «Он был один из тех людей, которые, по-видимому, предназначены показать возможную интеллектуальную меру сил человеческих». И в самом деле, авторитет ученого

был безусловным: он — действительный член Петербургской академии наук, почетный член Лондонского королевского астрономического общества, Германского, Ливерпульского астрономических обществ, член-корреспондент Итальянского общества спектроскопистов и Бюро долгот в Париже, президент Русского астрономического общества, директор Московской, а затем Пулковской обсерваторий.

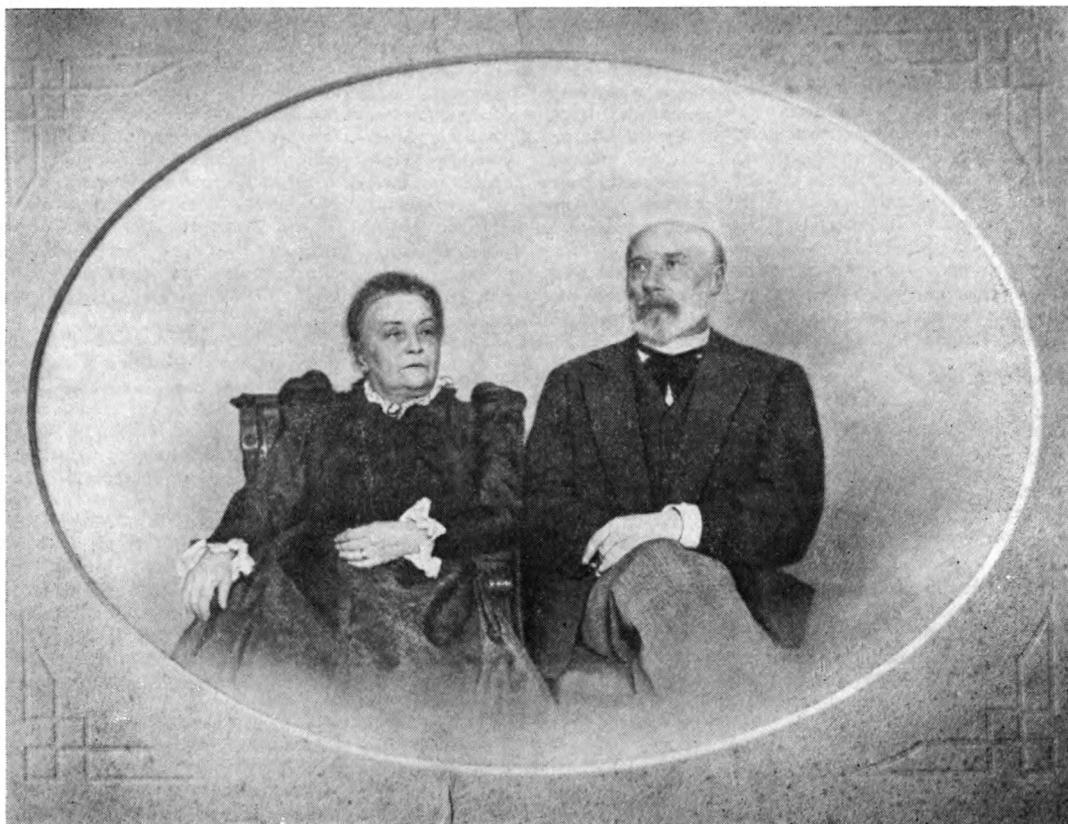
И все же главной сферой деятельности ученого в течение всей жизни была кометная астрономия. Кандидат физико-математических наук В. П. Коноплева рассказала, как Ф. А. Бредихин создал классификацию форм кометных хвостов, оставшуюся хрестоматийной до сих пор, как он обобщил и уточнил «фонтанную» теорию кометных явлений, предложенную Ф. Бесселем. Бредихин так и не видел знаменитой кометы Галлея: она промчалась мимо Земли в 1835 году, когда ему было всего 4 года, а следующее ее возвращение в

Участники

Бредихинских чтений. В центре — Н. А. Зарудная, внучатая племянница Ф. А. Бредихина

Фото В. Леденева





Федор Александрович Бредихин с женой Анной Дмитриевной (12 апреля 1898 г.)
Фото из музея имени Ф. А. Бредихина в Заволжье

1910 году не застало ученого в живых. Но у него были свои «героини»: комета Биэлы (1852 г.), породившая красивейшие звездные дожди в 1872 и 1885 годах; яркая комета Донати (1858 г.) с исключительно эффектным и сложным хвостом; грандиозная комета 1882 года, демонстрировавшая все характерные кометные явления — хвосты трех типов, аномальный выступ впереди головы, облачные образования и деление ядра; и, наконец, комета Брукса (1886 г.) в сопровождении четырех кометоспутников.

Научная программа Бредихинских чтений содержала 27 докладов, в основном соответст-

вующих кругу проблем, которые занимали Ф. А. Бредихина. Советские астрономы продолжают дело Бредихина. Исследования комет в нашей стране ведутся на высоком научном уровне. Об их результатах рассказали астрономы Москвы, Ленинграда, Киева, Душанбе, Риги, Горького, Казани и других городов. Дадим краткую характеристику некоторых докладов, на наш взгляд, наиболее актуальных.

Завершено составление каталога короткопериодических комет (Ленинград, Душанбе), а также картотеки долгопериодических комет (Горький). При анализе последней был установлен важный факт: долгопериодических комет с обратным движением вдвое больше, чем с прямым.

Представитель московской школы небесных механиков С. В. Миронов рассказал о методах построения на ЭВМ теории движения астероидов и комет на основе асимптотических приближений примени-

тельно к знаменитой задаче трех тел (Солнце, Юпитер и исследуемый объект) и выявлении скрытых периодичностей. Разработанная методика позволяет получать с высокой точностью эфемериды малого небесного тела в любой заданный момент на временном интервале 500—1000 лет.

Несколько докладов были посвящены предстоящей встрече с кометой Галлея (Земля и Вселенная, 1982, № 5, с. 38.— Ред.), которая стремительно приближается к Солнцу и будет иметь максимальный блеск в начале 1986 года. С международной и советской программами наземных и космических наблюдений знаменитой «небесной странницы» познакомил участников чтений доклад члена-корреспондента АН УССР Я. С. Яцкива и кандидата физико-математических наук К. И. Чурюмова (Земля и Вселенная, 1984, № 1, с. 35.— Ред.). Л. А. Алексеева рассказала о номограммах для определения абсолютного блеска

кометы и показателя степени, характеризующего зависимость видимого блеска от гелиоцентрического расстояния кометы.

Рижская кометная школа была представлена тремя сообщениями. Кандидат физико-математических наук М. А. Дирикс посвятил свое выступление работам известного латышского исследователя комет К. А. Штейнса (1911—1983); в двух других докладах излагались способы улучшения орбит и «барьерная методика» — новый способ поиска слабых объектов, используемый в тех случаях, когда орбита задана, а положение тела в ней известно неточно.

С интересом были встречены доклады о метеорных роях. В. В. Емельяненко сообщил о выявленных им пульсациях плотности многих известных роев.

Эти пульсации, по-видимому, связаны с возмущениями от планет, главным образом Юпитера. Кандидат физико-математических наук А. Н. Симоненко вместе с другими сотрудниками Астрономического совета АН СССР многие годы занята поисками генетической связи метеорных роев с астероидами. Она привела убедительные данные о существовании метеорного роя на орбите Хатхора, самого маленького (поперечник 200 м) из известных астероидов.

В 1946 году Академия наук СССР учредила премию имени Ф. А. Бредихина за выдающиеся исследования в области астрономии. О шестнадцати лауреатах этой премии рассказала ученый секретарь Астрономического совета АН СССР А. К. Терентьева. Новые лау-

реаты 1983 года — сотрудники Абастуманской астрофизической обсерватории АН СССР В. П. Джапизавили и А. Н. Король — удостоены премии за «Поляриметрический атлас Луны», который создан на основе многолетних электрополяриметрических исследований лунной поверхности, дающих богатый материал о структуре и свойствах выстилающих ее пород.

Успешному проведению первых Бредихинских чтений способствовала их прекрасная организация, радушие и гостеприимство хозяев. В резолюции чтений высказано предложение проводить их раз в три года. Будем надеяться, что такие встречи станут регулярными.

Геминга и пульсации Солнца

В 1975 году спутник SAS-2 открыл в созвездии Близнецов один из самых ярких источников гамма-излучения. Дж. Биньями, П. Каравео и Р. Лэмб, изучавшие этот переменный гамма-источник, нашли для него удачное название — «Geminga» (Геминга). Оно образовано из двух слов: Gemini и Gamma, то есть источник гамма-излучения в созвездии Близнецов. Но название это имеет еще один, скрытый смысл. На миланском диалекте (Биньями и Каравео живут в Милане) сходное по произношению слово означает «место, где ничего нет». Превосходный термин для обозначения источника, отождествление которого вызвало большие трудности. Лишь специальный поиск позволил указать звезду, вероятно, как-то связанную с источником. Это — очень слабая (23^m) голубая звезда. В радиодиапазоне излучение от Геминги не зарегистрировано, в рентгеновском диапазоне с ней отождествлен один из источников.

Особое внимание к Геминге было привлечено после того, как 12 октября 1983 года во

Французской газете «Монд» появилось интервью с четырьмя европейскими учеными. Французы Ф. Деляш и Ж. Поль, итальянец Дж. Биньями и англичанин Дж. Айзек высказали гипотезу, что колебания Солнца возбуждаются... гравитационным излучением от Геминги. Основанием для такого утверждения послужило поразительное совпадение периодов колебаний Солнца и переменности гамма-источника.

Солнце всегда служило эталоном стабильности, и для многих астрономов явилась большой неожиданностью переменность солнечного излучения, обнаруженная советскими астрономами А. Б. Северным, В. А. Котовым и Т. Т. Цапом (Земля и Вселенная, 1977, № 6, с. 36.— *Ред.*). Они выявили колебания Солнца с периодом 160 минут и амплитудой изменения радиуса порядка одной миллионной доли самого радиуса. Эти колебания не относятся к чисто радиаль-

ным расширениям и сжатиям солнечного шара, скорее всего, они — квадрупольные (Земля и Вселенная, 1983, № 3, с. 9.— *Ред.*). В простейшем случае квадрупольных колебаний сжатие и растяжение происходит поочередно вдоль взаимно перпендикулярных направлений. Вначале солнечный шар вытягивается вдоль полярной оси и становится похожим на огурец, через полпериода шар сжимается вдоль этой же оси, превращаясь в «репу». Затем аналогичные пульсации наблюдаются вдоль оси, перпендикулярной полярной.

Общепризнанного объяснения колебаний Солнца с периодом 160 минут пока нет. Предложено много гипотез, и связь солнечных колебаний с Гемингой вызвала большой интерес только потому, что у исследователей появилась еще одна надежда обнаружить гравитационное излучение. Рассмотрим, насколько справедлива гипотеза, предложенная Ф. Деляшем, Ж. Полем, Дж. Биньями и Дж. Айзеком.

Как известно, до сих пор гравитационные волны непосредственно не обнаружены. Получен лишь косвенный аргумент в пользу того, что они существуют: орбитальный период двойного пульсара PSR



1913+16 меняется в хорошем согласии с предсказаниями релятивистской теории тяготения (Земля и Вселенная, 1981, № 6, с. 23.—*Ред.*). Трудности обнаружения гравитационных волн объясняются тем, что они чрезвычайно слабо взаимодействуют с веществом.

Двойная система, состоящая из нейтронных звезд или черных дыр, способна обладать мощным гравитационным излучением, в то время как количество испускаемой ею электромагнитной энергии будет пренебрежимо мало. Такой двойной системой вполне может оказаться Геминга, ведь поток фотонов от нее значительно меньше, чем от обычных звезд. Если, например, масса компонентов равна солнечной, а их период обращения около 320 минут, то гравитационная энергия, излучаемая в одну секунду, соответствует светимости Солнца.

Двойная система испускает гравитационные волны во всех направлениях, но особенно много — в плоскости, перпендикулярной орбите. Плоская гравитационная волна создает поле ускорений, перпендикулярное направлению своего распространения. Ее воздействие на Солнце вызывает солнечные колебания. Если к тому же длина волны значительно больше солнечного диаметра, то колебания окажутся квадрупольными. Относительная величина изменения солнечного радиуса пропорциональна амплитуде гравитационной волны. В случае, когда частота ее равна частоте собственных колебаний Солнца, возникает резонанс, и амплитуда солнечных колебаний сильно увеличивается. Величина, определяющая рост амплитуды, называется добротностью. Протекающее с начала действия силы на резонансной частоте время, за которое амплитуда колебаний максимально возрастает, велико и равно произведению добротности на период колебаний.

Амплитуда гравитационной волны от двойной системы, имеющей компоненты солнечной массы и период обращения 320 минут, составляет $10^{-19}d^{-1}$ (d — расстояние от нас до двойной звезды, выра-

женное в парсеках). Это значит, что при нерезонансном возбуждении солнечных колебаний радиус Солнца будет изменяться меньше, чем на 1 \AA — ничтожную величину, недоступную для измерений! Раскачка Солнца на резонансной частоте коренным образом меняет амплитуду колебаний. Добротность для 160-минутных колебаний в условиях Солнца может достигать гигантских значений (10^{12}), а значит, относительное изменение радиуса может составить одну миллионную долю. Но при этом частота гравитационной волны (или частота обращения двойной системы) должна совпадать с частотой собственных колебаний Солнца с точностью 10^{-16} с^{-1} (формальное условие резонанса) в течение по крайней мере 1 млрд. лет. Однако из-за потери энергии в виде гравитационного излучения частота обращения двойной звезды за один месяц изменится на величину, примерно равную 10^{-16} с^{-1} . Поэтому вместо того, чтобы раскачать Солнце дополнительно в 10^{12} раз, гравитационное излучение успеет возбудить его только в 100 раз, после чего частота излучателя «уйдет» из резонанса.

Как видим, при детальном анализе гипотеза гравитационного возбуждения колебаний Солнца сталкивается с непреодолимыми трудностями.

Кандидат физико-математических наук
М. В. САЖИН

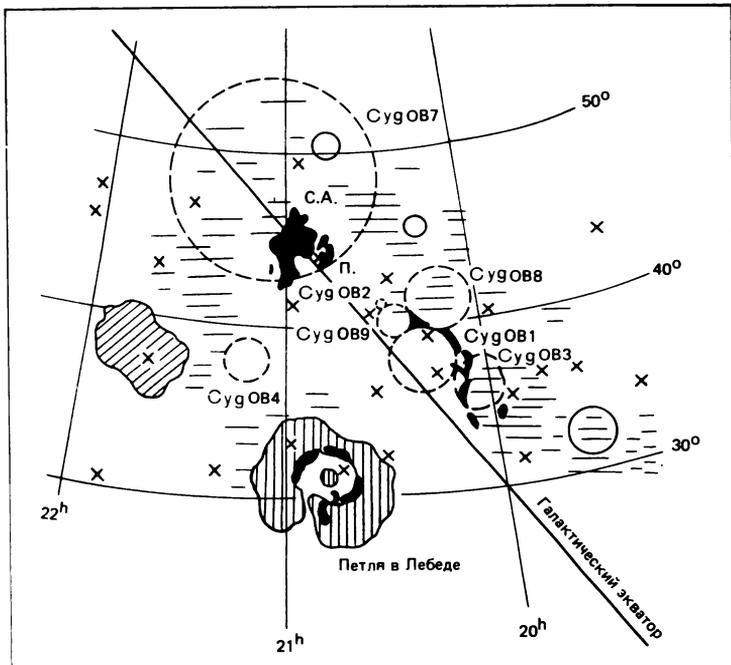
«Сверхоболочка» в созвездии Лебеда

У астрономов нет единодушного мнения о том, что представляет собой гигантская область рентгеновского излучения в созвездии Лебеда (между $19, 5^h$ и 22^h прямого восхождения и 30° и 50° склонения). Она имеет вид незамкнутого кольца или подковы размером $13^\circ \times 18^\circ$ и потому названа «гигантской сверхоболочкой». Анализ ее рентгенов-

ского спектра указывает на высокую температуру излучающего газа: около $2 \cdot 10^6 \text{ K}$. Если расстояние до сверхоболочки такое же, как до наиболее богатой звездной ассоциации в той же области (Лебедь OB2) — около 2 кпк, — то диаметр сверхоболочки составляет почти 500 пк, иными словами, значительно превышает размеры известных остатков вспышек сверхновых звезд.

Астрономы до сих пор рассматривали сверхоболочку как единый объект, образованный либо звездным ветром массивных звезд в ассоциации Лебедь OB2, либо взрывом сверхмассивной звезды (примерно 1000 солнечных масс), либо серией взрывов сотни обычных сверхновых. Сотрудники Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга Т. Г. Ситник и Н. Г. Бочкарев подвергли сомнению все эти гипотезы. В самом деле, если бы сверхоболочка была единым объектом, она была бы вытянута перпендикулярно галактической плоскости — в том направлении, где плотность холодного межзвездного газа быстро спадает и где легче происходит расширение горячего газа. Однако наблюдается обратное: сверхоболочка в созвездии Лебеда вытянута вдоль галактического экватора. Что же она собой представляет?

Т. Г. Ситник и Н. Г. Бочкарев утверждают, что сверхоболочка образована совокупностью дискретных источников излучения, расположенных на разных расстояниях от Солнца, но наблюдаемых приблизительно в одном направлении. Их суммарное излучение и создает иллюзию гигантской оболочки, зарегистрированной в оптическом, рентгеновском и радиодиапазонах. Насыщенность созвездия Лебеда различными активными объектами объясняется тем, что в этом направлении мы смотрим вдоль одного из спиральных рукавов Галактики — Орионова рукава. Обычно в спиральных рукавах сосредоточены области звездообразования, богатые молодыми массивными звездами, звездными ассоциациями, остатками вспышек сверхновых, двойными рентгеновскими источниками. Все



Участок карты неба в созвездии Лебеда. Заштрихована область «гигантской сверхоболочки», откуда поступает диффузное рентгеновское излучение. Крестиками отмечены компактные рентгеновские источники, кружками — остатки вспышек сверхновых звезд. Пунктиром очерчены границы звездных ассоциаций, имеющие обозначение *Cyg OB* и соответствующий номер. Темные участки — эмиссионные туманности, самые крупные из наблюдаемых в созвездии Лебеда — Северная Америка (обозначена С. А.), Пеликан (П.) и Петля

эти объекты мы и видим в Орионовом рукаве. Они расположены от нас на расстояниях от 0,5 до 2,3 кпк и вследствие изогнутости рукава создают впечатление единой активной области, вытянутой вдоль экватора. Подковообразная форма, наблюдаемая в оптическом и мягком рентгеновском диапазонах, связана с тем, что на эту область проецируется расположенный ближе к нам

Язык Пыли — облако холодного газа и пыли, поглощающее излучение находящихся позади него активных областей.

По мнению Т. Г. Ситник и Н. Г. Бочкарева, около 20% рентгеновского излучения сверхоболочки связано с известными остатками сверхновых; 35% — с двойными рентгеновскими системами и *OB*-звездами, а остальное излучение рождается в оболочках каверн, выдутых в межзвездной среде звездным ветром *OB*-ассоциаций. Средний размер таких каверн около 50 пк. Они создают в межзвездной среде как бы пенообразную структуру: основная масса газа собрана в тонких стенках каверн, а почти весь объем занят крайне разреженным горячим газом.

Астрономический циркуляр, 1983, 1267.

НОВЫЕ КНИГИ

«Криолитосфера Марса»

Большая удаленность Марса от Солнца (в 1,5 раза дальше Земли) и разреженная атмосфера способствуют фор-

мированию вокруг планеты обширной области холода — криосферы (температура среды меньше 0°С). Она начинается с высот 130—140 км над поверхностью и проникает под поверхность на всех широтах — от полюса до экватора. Повсеместное проникновение криосферы в кору Марса привело к тому, что на планете образовалась оболочка промерзания — криолитосфера. О ней и рассказывает книга Р. О. Кузьмина («Криолитосфера Марса». М.: Наука, 1983).

Автор, обобщив большой фактический материал, попытался дать целостную картину криогенной природы Марса. О широте охвата проблемы можно судить по названиям глав книги: «Общие сведения о планете», «Проблема воды на Марсе», «Положение верхней границы мерзлых пород на Марсе», «Модель строения криолитосферы Марса и вещественного состава летучих компонентов в ее пределах».

Интерес к проблеме мерзлоты на Марсе не случаен. Еще В. И. Вернадский отметил огромное влияние криосферы на поведение летучих веществ (в частности, воды), которые определяют основную направленность физических и химических процессов на поверхности планет. Наземные и космические наблюдения показали, что в атмосфере и на поверхности Марса воды очень мало. Между тем на поверхности планеты обнаружены эрозийные долины, напоминающие русла земных рек, и разнообразные мерзлотные формы рельефа, среди которых есть и очень древние. По-видимому, основная масса воды и углекислого газа, вышедших при дегазации планетного вещества, вследствие низких температур конденсировалась в поверхностных слоях литосферы, образуя мерзлые толщи. Процесс этот растянулся на все время формирования марсианской коры. Не исключено, что криолитосфера Марса — основной резервуар воды на планете. По оценке Р. О. Кузьмина, в мерзлых породах Марса содержится $5,4 \cdot 10^{22}$ г воды.

Международные геофизические проекты

Системный анализ применяется при изучении сложных объектов различного происхождения. Международный научный проект — тоже система, характерная для эпохи коллективных научных исследований и относящаяся к сфере общения ученых.

СИНОПТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

В 1982—1983 годах отмечалось 100-летие Первого международного полярного года, 50-летие Второго международного полярного года и 25-летний юбилей Международного геофизического года (Земля и Вселенная, 1982, № 3, с. 58; № 4, с. 61; 1983, № 1, с. 58.— Ред.). Международный геофизический год дал толчок к международным проектам, которые начиная с 60-х годов стали выполняться во всех областях геофизики и смежных с ней наук. Благодаря таким проектам последняя четверть века ознаменовалась небывалым прогрессом наших знаний о Земле. Например, установлено, что кроме атмосферы, гидросферы, литосферы Земля имеет магнитосферу — плазменную оболочку, простирающуюся на расстояние многих земных радиусов. За последние десятилетия открыты неизвестные ранее закономерности общей циркуляции атмосферы, влияние воздушных масс южного полушария на погоду и климат северного, связь атмосферных процессов с неравномерностью вращения Земли и приливами. Обнаружены и изучены мощные течения в Мировом океане, полностью изменились представления о рельефе и строении океанического дна. Исследованиям по международным геофизическим проектам посвящены тысячи на-

учных публикаций. Результаты наблюдений сосредоточены в специально созданных для этого Мировых центрах данных.

Когда научное исследование проводят в лабораторных условиях, то правильность данных, накапливающихся в ходе экспериментов, можно подтвердить, повторив эксперимент в этой же или другой лаборатории. Но во многих областях знания, особенно в науках о Земле, изучаемые объекты не помещаются даже в самой большой лаборатории. Кроме того, одни из них постоянно изменяются во времени, другие нельзя подвергнуть повторным измерениям. Как же в этих условиях накапливаются данные, проверяется их достоверность и точность?

Для этого используют синоптический подход, при котором научный результат как бы складывается из многих наблюдений, проводимых разными людьми во многих пунктах. Так изучают крупномасштабные процессы в атмосфере, создаются карты ее состояния на разных высотах, широтах и долготах, исследуют влияние солнечной активности на электромагнитное поле Земли. В околоземном космическом пространстве ведутся одновременные аналогичные наблюдения с разных космических аппаратов. Чтобы не пропустить ожидаемые важные геофизические события, центры прогноза и оповещений объявляют в нужный момент «тревогу» на мировой сети станций, начинающей с этого момента работать в особом режиме.

Когда нет необходимости в синоптическом подходе, ученые различных научных институтов из разных стран выполняют совместные наблюдения в одном и том же пункте (например, наблюдения солнечного затмения) или на одном научно-исследовательском судне. В труднодоступных областях Земли, скажем, в Антарктиде, заранее распределены районы работ, разные экспедиции совместно проводят гляциологические и другие исследования.

Участники исследований (научные коллективы, различные страны) так взаимодействуют друг с другом, что образуют систему, нечто целое, которое нельзя свести к простой сумме возможностей или свойств его отдельных частей. Именно система как целое позволяет получить представительный и достоверный научный результат.

Международный научный проект — тоже система и она обладает всеми необходимыми элементами, характеризующими систему. Основываясь на опыте международных исследований в различных областях науки, приведем обобщенные черты организационной системы международного научного проекта (МНП).

Цель системы МНП — устранить ограничения, мешающие координации действий научных коллективов разных стран при выполнении ими общей задачи. Например, ученые должны договориться о выборе тематики, видов и средств наблюдений, их оптимальном распределении во времени и пространстве. И тогда уже действующие в странах или новые системы наблюдений превращаются в региональные или глобальные. Устанавливается порядок сбора и передачи исследователям совместно полученных результатов. Все это многообразие операций и взаимоотношений можно свести к определенным типам, то есть цель МНП при необходимости можно формализовать. Цель проекта сначала обсуждается в международной организации. В окончательном виде она определяется лишь тогда, когда страны подготовят и согласуют друг с другом свои национальные программы, содержащие конкретные обязательства (обеспечить нужный режим наблюдений или выполнение исследований в определенных направлениях, создать новые станции, экспедиции и т. д.). Успех, или, точнее, эффективность, МНП оценивается по тому, в какой мере была реализована цель системы, то есть выполнены обязательства стран.

Элементы системы МНП — это, как правило, национальные коллективы участников проекта. Для внутренней координации в стране обычно создается Национальный комитет, который выполняет операции, как специфические для местных условий, так и типовые — для всех стран — участниц данного проекта. Таким национальным комитетом служит в нашей стране Межведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР. Он отвечает

за все геофизические проекты, и по каждому из них в комитете создается специальная комиссия.

Как любая система, МНП **взаимодействует с окружающей средой**, не «растворяясь» в ней, но сохраняя свою целостность. Под «средой» здесь понимаются научная общественность и различные постоянно действующие научные организации, от которых может зависеть материальная или другая поддержка работ по проекту. МНП вносит в их текущую деятельность определенные изменения, они должны создавать условия для выполнения проекта, дополнять или изменять системы наблюдений, приобретать новые приборы, снаряжать экспедиции. При этом средства выделяются не вообще на развитие данной области науки, а на конкретные, согласованные с другими странами работы по программе МНП.

Целостность системы зависит от **связей в системе**. Для МНП характерны связи типа взаимодействия и управления. Если, например, некоторые страны, расположенные в важных районах или обладающие главными техническими средствами, выходят из числа участников (элементов системы), то общий объем связей в системе может оказаться ниже критического уровня. К такому же результату приводит несогласованность действий обсерваторий или судов в ходе синхронных исследований или отсутствие унификации приборов. Например, для изучения вариаций электромагнитного поля Земли необходимы согласованные наблюдения не только в средних широтах, но и в области «полярных шапок» нашей планеты и на геомагнитном экваторе. Страны, ответственные за наблюдения в таких районах, обеспечивают наиболее существенные связи в структуре системы, нарушение которых нельзя компенсировать густой сетью станций в Европе или запуском дополнительных спутников. Не случайно Международный геофизический год и другие проекты часто сравнивают с симфоническим оркестром, где каждому инструменту (стране) принадлежит своя партия.

В неявном виде в системе МНП присутствует механизм **обратной связи** — «входные сигналы», изменяющие поведение элементов в зависимости от состояния системы в целом.

Механизм обратной связи повышает жизнеспособность системы и, прежде всего, необходим для устранения трудностей. Но обратные связи могут возникнуть и в других случаях. Такое радостное событие, как запуск

в СССР по программе МГГ первого искусственного спутника Земли, также изменил состояние системы этого проекта. Нужно было срочно организовать сотрудничество для наблюдений за спутниками и определения возможностей их применения в проводимых геофизических исследованиях. Для механизма обратной связи в МНП важна информация о ходе выполнения странами своих обязательств, так как важным стимулом здесь служит соревнование между научными коллективами разных стран. Для этого издают оперативные бюллетени, заслушивают отчеты в международных организациях, а также гарантируется доступность накопленных научных данных для всех участников проекта.

Более полная модель системы МНП предусматривает возможность ответа на вопрос, насколько заданный объем связей соответствовал фактически выполненному и в какой степени реализованы цели проекта. Если же ограничиться только одной областью исследований или одним видом наблюдений, то, используя системный подход, можно не интуи-

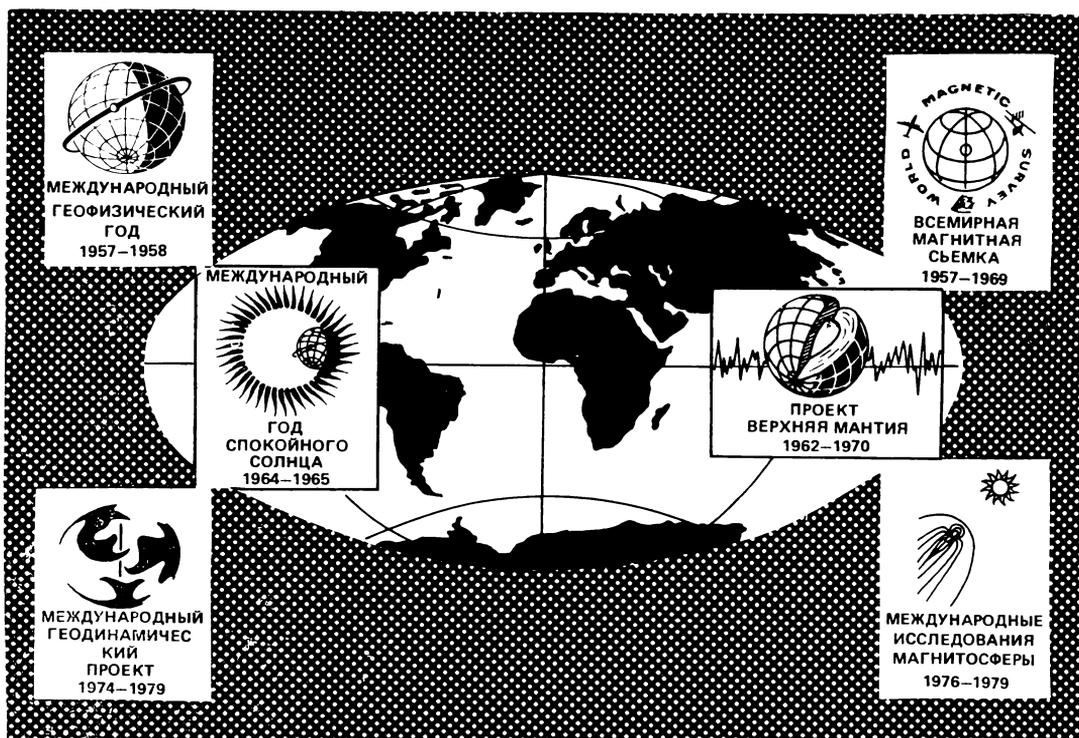
тивно, а достаточно обоснованно судить о соответствии системы наблюдений системе изучаемого объекта, процесса, явления и определять стратегию дальнейшего накопления данных.

При выполнении международных исследований многое зависит от организационных способностей руководителей, от их умения создать обстановку дружеской взаимопомощи. Хотя эти факторы трудно предусмотреть в системе МНП, сама возможность системного подхода к проектам показывает, что такая деятельность закономерно вытекает из нужд современной науки, отражает ее принципы и требует самого серьезного отношения. Так что популярность проекта зависит не столько от рекламы, сколько от его содержания и научно обоснованных форм организации.

«НАСЛЕДНИКИ» МГГ

Международный геофизический год был по существу первым крупным комплексным проектом, отвечающим рассмотренным требованиям системного подхода. Созданные тогда системы наблюдений, как правило, учитывали глобальный характер и другие важные осо-

Международные геофизические проекты



бенности объектов. МГГ подтвердил родившееся в 70-х годах прошлого века понятие о геофизике как комплексе наук, изучающих физические свойства Земли и процессы, происходящие в ее оболочках. Он предоставил в распоряжение этих наук крайне необходимые им данные.

В программе МГГ центральное место занимало изучение процессов и явлений, зависящих от солнечной активности. Наблюдения в области геомагнетизма, ионосферы, полярных сияний и свечения ночного неба, космических лучей (часть этих наблюдений выполнялась с применением ракет и спутников) привели к образованию единого комплекса исследований электромагнитных явлений. И, как часто бывает в науке, накопление новой информации, например, о магнитосфере, породило столько новых вопросов, что было решено вскоре повторить согласованные наблюдения.

В апреле 1960 года известный советский геофизик и организатор науки Н. В. Пушков предложил провести такие наблюдения в ближайший минимум цикла солнечной активности (МГГ проводился в максимум активности). Проект получил название **Международный год спокойного Солнца** и включал, по сравнению с МГГ, расширенный круг наблюдаемых явлений и значительно больший объем спутниковых исследований. Во время МГСС окончательно сформировалось новое направление геофизической науки, смежное с астрофизикой,—солнечно-земная физика. В 70-х годах выполнялись аналогичные проекты, например **Год солнечного максимума** (в 1979—1980 годах).

В 1976 году начался крупный комплексный проект **Международные исследования магнитосферы (МИМ)** (Земля и Вселенная, 1979, № 4, с. 46.—Ред.). Системы наблюдений этого проекта предусматривали запуск во многих странах большого числа спутников—либо на единую орбиту, либо на такую, где спутник вращался бы вокруг Солнца вместе с Землей. Проводились также эксперименты, когда от спутников отделялся субспутник, способный вести измерения во всех областях магнитосферы. Согласованно с космическими аппаратами по программе МИМ работала наземная сеть станций, производились наблюдения на аэростатах. Сложность экспериментов потребовала совершенствования организационной системы проекта МИМ, создания международного координационного центра и центра по

оценке спутниковой ситуации, который рассылал информацию о положении спутников в определенные периоды и о пересечении ими тех или иных областей магнитосферы.

В области атмосферных исследований в 70-х годах выполнялась серия различных проектов. Среди них необходимо выделить **Программу исследований глобальных атмосферных процессов (ПИГАП)** (Земля и Вселенная, 1975, № 3, с. 38.—Ред.). Особое внимание здесь уделялось взаимодействию океана и атмосферы, совместным экспериментальным работам ученых многих стран в экваториальных и полярных районах. К началу 80-х годов логика познания привела к сближению ряда направлений солнечно-земной физики с метеорологией и физикой атмосферы в рамках проекта **Программа исследований средней атмосферы**. Под средней атмосферой здесь понимается область высот от 10 до 100 км, оказавшаяся менее изученной, чем ниже и выше лежащие слои, и включающая различные по составу компоненты, в том числе важный для сохранения жизни озон. В этом проекте еще не закончен поиск эффективных форм сотрудничества, но уже выполнен ряд интересных совместных экспериментальных работ.

Небывалое развитие после МГГ получили международные исследования по гляциологии, в которых изучение ледников Антарктиды и важнейших горных ледников впервые стало проводиться по международным проектам.

Проблемы «твердой» Земли в программе МГГ решались только сейсмологическими и гравиметрическими методами, изучалось строение океанического дна и переходных зон между континентами и океанами. В 1960 году, будучи президентом Международного геофизического и геодезического союза, В. В. Белоусов предложил объединить методы геофизики, геохимии, геодезии, геологии и организовать работы по международному проекту **Верхняя мантия Земли и ее влияние на развитие земной коры** (Проект верхней мантии). По этому проекту было выполнено более 200 тыс. км профилей глубинного сейсмического зондирования, в том числе в морях и океанах, организованы исследования рифтовой системы и других районов, интересных для изучения внутреннего строения Земли. В 1967—1969 годах состоялась комплексная геолого-геофизическая экспедиция советских ученых в рифтовую зону Восточной Африки. Проект верхней мантии впервые позволил распространить многие принципы геофизического проек-



Памятная медаль, выпущенная в СССР к 100-летию международной геофизики (Художник И. А. Постол)

та на смежные науки, в том числе геологию, и оказал огромное влияние на дальнейшее сотрудничество в этой области. Позднее он был, по существу, продолжен в виде **Международного геодинамического проекта** (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 44.— Ред.).

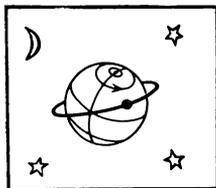
По завершении МГГ бурное развитие исследований Мирового океана, особенно физических наук об океане, породило десятки проектов глобального или регионального масштаба, которые трудно даже перечислить.

ПЕРСПЕКТИВЫ

Иногда возникает вопрос, есть ли тенденция к созданию геофизического суперпроекта, подобного МГГ, в условиях нынешней специализации знаний и множественности исследований и проектов? По-видимому, все же существует, ведь растет число проблем, требующих не только международной, но и междисциплинарной координации практически при одних и тех же формах сотрудничества стран. Например, в международных организациях скоро будет рассматриваться возможность совместного изучения такой проблемы, как **сейсмоакустические эффекты в верхней атмосфере, ионосфере и магнитосфере**. Установлено, что на все эти оболочки Земли существенно влияют промышленные взрывы, вулканические извержения и, возможно, сильные землетрясения. Если говорить об организационной стороне дела, то многим странам не под силу участвовать в большом числе специализированных проектов, для них проще быть элементами суперпроекта. Сбор и распространение всех результатов работ по международным геофизическим проектам осуществляется с 1957 года Мировыми центрами данных, один из которых находится в Москве. Эти центры могли бы стать информационной опорой будущего суперпроекта.

Перспективы сотрудничества по международным проектам, конечно, зависят от решимости народов отстоять мир и организовать с участием всех стран коллективные исследования строения Земли, совместное освоение ее ресурсов и окружающей среды, создание надежных прогнозов погоды, изменений климата, условий радиосвязи и космических полетов, выявление внешних факторов, влияющих на здоровье людей.





Проект МЕРИТ

1 сентября 1983 года начались наблюдения по международной программе МЕРИТ. Ученые 25 стран мира поставили перед собой задачу: сравнить различные способы определения параметров вращения Земли, найти лучший и рекомендовать его для использования в создаваемой Международной службе вращения Земли.

ДВИЖЕНИЕ ПОЛЮСА И ИЗМЕНЯЕМОСТЬ ШИРОТ

Законы вращения твердого тела изучаются уже не одно столетие. Еще в 1765 году Л. Эйлер доказал, что если ось вращения твердого тела не совпадает с осью инерции, то она будет непрерывно менять свое положение в теле, описывая коническую поверхность относительно оси инерции. Это явление было названо свободной нутацией, но часто его называют эйлеровой нутацией. Эйлер рассчитал, что для абсолютно твердого тела с размерами и формой Земли период свободной нутации равен 305 суткам.

Астрономы начали искать проявления этой нутации: ведь если ось вращения изменяет свое положение, а полюс соответственно описывает кривую на поверхности Земли, то должны изменяться и географические координаты земных обсерваторий — их широты, долготы, азимуты; должен нарушаться и счет местного времени.

Но лишь спустя почти 100 лет американский астроном С. Чандлер обнаружил изменения широт с периодами 365 и 427 суток. Для этого ему пришлось изучить более 33 тыс. определений широт примерно за 200 лет. Считается сейчас, что период 365 суток вызван годовым движением полюса, происходящим из-за сезонного перемещения масс как в атмос-

фере, так и в теле самой Земли. Поэтому часто его называют вынужденным движением полюса. Что касается второго, чандлеровского периода, то примерно через год после его открытия американский астроном С. Ньюком отождествил этот период с эйлеровой нутацией. Расхождение результатов он объяснил тем, что реальная Земля — не абсолютно твердое тело, как считал Эйлер. Земля упруга, деформируема, покрыта океанами, благодаря чему и увеличивается период свободной нутации. Учесть упругость Земли в расчетах в то время оказалось невозможно, так как отсутствовали какие бы то ни было численные характеристики строения и механических свойств Земли. Поэтому наблюдения за изменением широт с самого начала приобрели большое значение не только для астрономии, но и для геофизики (Земля и Вселенная, 1970, № 6, с. 4.— Ред.).

Пулковский астроном С. К. Костинский в 1893 году вывел формулу, связывающую изменение широты с перемещением полюса. В дальнейшем были установлены зависимости между изменениями азимута и долготы и изменением координат полюса. Из астрономических наблюдений широт, долгот, азимутов и времени можно, воспользовавшись этими формулами, вычислить координаты полюса. Исторически сложилось так, что наиболее просто и точно движение полюса определяется по данным широтных наблюдений.

КАК ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ ПАРАМЕТРЫ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ?

Проблема изменяемости широт обсерваторий вызвала такой большой интерес, что в 1899 году была создана Международная служба широты. Обсерватории этой службы решили расположить на одной параллели примерно через равные интервалы по дол-

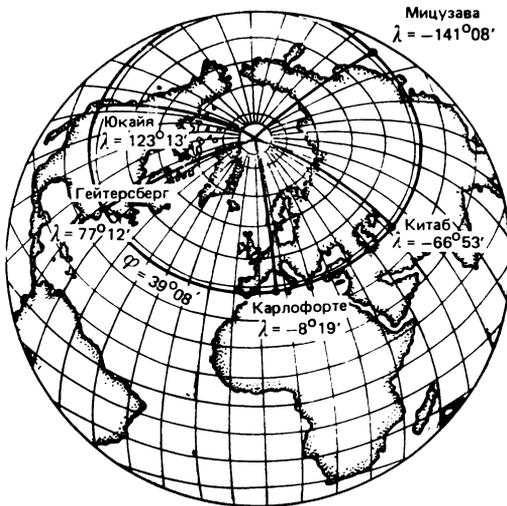


Схема расположения станций
Международной службы широты

готе и оснастить их однотипным оборудованием, чтобы исключить систематические различия в результатах наблюдений.

После изучения разных районов умеренного климатического пояса земного шара с точки зрения единообразия климата, количества ясных ночей, годовых осадков, атмосферного давления, сейсмичности и т. д. в качестве международной была избрана параллель $39^{\circ}08'$. На этой параллели построили четыре широтные станции: Мицузава в Японии (141° в. д.), Карлофорте в Италии (8° в. д.), Гейтерсберг в США (77° з. д.) и Юкайя в США (123° з. д.). Чуть позже вступила в строй станция в России, в Чарджоу ($63,5^{\circ}$ в. д.), которая действовала до 1919 года. В 1918 году взамен ее была построена станция в Китабе (67° в. д.). Случайно оказавшаяся на международной параллели американская обсерватория в Цинциннати (84° з. д.) также решила принять участие в Международной службе широты (станция проработала до 1916 года).

Для определения широты международной служба использовала способ, предложенный американским геодезистом Э. Талькоттом: подбирается пара звезд, имеющих близкие зенитные расстояния и кульминирующих примерно в одно время, но по разные стороны от зенита, и измеряется небольшая разница их зенитных расстояний. Прибавив половину этой разности к известной полусумме склонений звезд, получаем широту места наблюдений. Разности зенитных расстояний этих

звездных пар измеряются на специальном инструменте — зенит-телескопе.

Международная служба широты собрала и обработала уникальные наблюдения более чем за 80 лет, не имеющие перерыва, несмотря на две мировые войны. Как это часто бывает, изучаемое явление оказалось гораздо сложнее, чем предполагалось вначале. В движении полюса обнаружены различные вариации, «неправильные» закономерности, и в целом траектория полюса не прогнозируется даже на год вперед. Между тем необходимость в точных координатах полюса постоянно возрастает: эти данные интересуют уже не только геофизиков, изучающих внутреннее строение Земли, но и геодезистов, астрометристов, занимающихся построением координатных систем в космическом пространстве, создателей навигационных систем. Нужны непрерывные систематические наблюдения за изменением широт со все возрастающей точностью и оперативностью обработки.

Международная служба широты публиковала координаты полюса с довольно значительным опозданием. Поэтому в 1955 году было решено организовать Срочную службу широты, способную вычислять координаты полюса по еженедельным наблюдениям на инструментах всех обсерваторий, которые пожелали бы принять участие в этой работе. Срочная служба широты начала действовать в 1956 году. Результаты всех наблюдений она передавала Международному бюро времени в Париже, где координаты полюса вычислялись наряду с неравномерностью вращения Земли.

Напомним, что неравномерность вращения Земли была обнаружена в середине 30-х годов нашего столетия, когда в практику астрономических исследований были внедрены высокоточные кварцевые часы (Земля и Вселенная. 1983, № 5, с. 20.— Ред.). Изменения угловой скорости вращения Земли невелики, но достаточно сложны: выявлены периодические колебания (годовые и полугодовые), вековые изменения и случайные флуктуации.

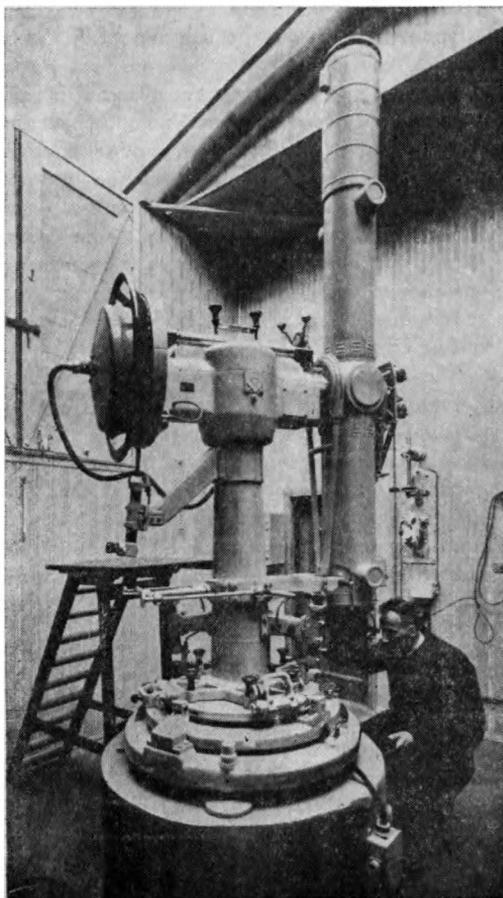
Неравномерность вращения Земли вызывает изменение продолжительности суток — того промежутка времени, в течение которого Земля делает один оборот вокруг своей оси, или, иначе говоря, промежутка времени между двумя последовательными кульминациями Солнца на данном меридиане. Отсчитывать время суток относительно местного меридиана не всегда удобно. Поэтому существует обще-

принятая система счета времени — Всемирное время, или среднее солнечное время на меридиане Гринвича.

Всемирное время определяется по местному времени, полученному из астрономических наблюдений на многих обсерваториях мира. Вычисляемое по разным местным временам, Всемирное время нуждается в поправках, поскольку долготы обсерваторий меняются вследствие движения полюса. В настоящее время Международное бюро времени вычисляет координаты полюса и неравномерность вращения Земли каждые пять суток по наблюдениям почти 80 обсерваторий.

Момент прохождения светила через меридиан определяется на пассажных инструментах и фотографических зенитных трубах. При этом показания часов — хранителей времени сравниваются с течением природного процес-

Зенит-телескоп Пулковской обсерватории, на котором ведутся широтные наблюдения

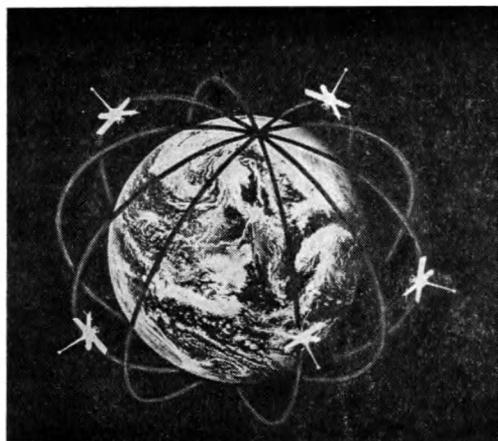


са — вращением Земли, используемым в качестве шкалы времени. Но на определенном этапе развития техники ход земных часов — хранителей времени оказывается равномернее и стабильнее самого природного процесса. И если появление кварцевых часов привело к открытию неравномерности во вращении Земли, то избрание атомных и молекулярных эталонов частоты позволило создать принципиально новую, не зависящую от вращения Земли высокостабильную шкалу времени. С конца 60-х годов Атомное время стало основой для изучения неравномерности вращения Земли вокруг своей оси. Большинство современных обсерваторий оснащено атомными эталонами частоты, и Международное бюро времени вычисляет шкалу Атомного времени, регулярно сравнивая эталоны отдельных обсерваторий. Неравномерность вращения Земли и движение ее полюсов стало удобнее определять, сопоставляя Всемирное время, которое задается астрономическими наблюдениями, со шкалой Атомного времени.

Остается добавить, что в июне 1982 года Международная служба широты прекратила свою работу. С 1962 года действует Международная служба движения полюса, использующая данные всех обсерваторий, которые ведут наблюдения за колебаниями широт.

ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ И ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ

С появлением искусственных спутников заметнее стали недостатки, присущие астрономическим методам определения параметров вращения Земли. Часто нужно знать точную орбиту спутника на коротком (меньше суток) промежутке времени, а при ее вычислении необходимо учитывать координаты полюса. Но, как известно, астрономические данные осредняются в лучшем случае за пять ночей наблюдений, и, следовательно, невозможно находить, изучать и учитывать короткопериодические изменения параметров вращения Земли. Если же наблюдения не осреднять, то нельзя получить требуемую точность — по крайней мере $0,01''$ в положении полюса и $0,001^{\circ}$ в определении Всемирного времени. Точность астрономических наблюдений ограничена атмосферной рефракцией, ошибками положений и собственных движений звезд, инструментальными ошибками и др. Поэтому в последнее десятилетие применяются принципиально новые методы, основанные на на-



Орбиты спутников радионавигационной системы «Транзит»

блюдениях спутников. Уже фотографические наблюдения спутников на фоне звездного неба позволили определить положения станций наблюдения с точностью 10—15 м. А так как перемещения полюса достигают 30 м, то это означало, что поправки, вызванные движением полюса, становятся одним из основных источников ошибок космических построений.

Первые координаты полюса были получены из доплеровских наблюдений спутников (Земля и Вселенная, 1977, № 5, с. 34.—Ред.). В соответствии с эффектом Доплера непрерывно передаваемые со спутника стандартные сигналы на частотах около 150

Приемник и антенна, использующиеся в доплеровских наблюдениях искусственных спутников Земли



и 400 МГц, когда их принимают на Земле, имеют частоту, смещенную относительно стандартной. По этим смещениям частоты после соответствующей обработки определяется местоположение наземного приемника. Сигналы со спутника также содержат информацию о его положении на точно фиксированный момент Всемирного времени.

В 1964 году в США была разработана радионавигационная система «Транзит», в которую входят шесть специально оснащенных спутников, опорный наземный комплекс и аппаратура потребителей. Наземные станции слежения связаны высокоскоростными линиями передачи данных, чтобы можно было оперативно уточнять параметры орбит всех спутников по наблюдениям с этих станций, вводить уточненную информацию о положении спутника, а также сравнивать шкалы времени. Потребители используют полученную информацию для определения своего местоположения.

С 1969 года служба движения полюса Топографического центра Военно-картографического управления США вычисляет и публикует координаты полюса по доплеровским наблюдениям спутников системы «Транзит». Координаты полюса вычисляются в виде поправок к «среднему» положению полюса, использованному при определении орбит спутников. Общее решение содержит около 500 неизвестных, в том числе коэффициенты разложения гравитационного поля Земли, координаты станций слежения, частоту сигнала и ее изменение для каждого прохождения каждого спутника над каждой станцией, параметры орбит спутников и др.

Доплеровские наблюдения имеют ряд преимуществ перед астрономическими: они «всепогодны», аппаратура портативна, обработка данных ведется оперативно, так что координаты полюса вычисляют каждые двое суток. Уже несколько лет Международное бюро времени использует эти данные в сводной обработке для получения параметров вращения Земли.

Параметры вращения Земли определяют и по наблюдениям спутника Лагеос (Laser Geodynamics Safellite), запущенного в 1976 году. Лагеос имеет почти круговую орбиту высотой около 6000 км и виден как звезда 12—13-й величины. Этот спутник представляет собою массивный (411 кг) шар диаметром 60 см, сплошь покрытый уголковыми отражателями и предназначенный для лазерной локации. Посланный с Земли лазерным

дальномером, мощный узконаправленный луч достигает спутника и, отразившись, возвращается на Землю. Зная скорость света, нетрудно вычислить расстояние до спутника. Труднее зарегистрировать вернувшуюся к дальномеру ничтожную долю первоначальной энергии импульса. Чтобы световой импульс, отразившийся от спутника, не рассеялся в пространстве, а вернулся в направлении пославшего его дальномером, на спутнике и устанавливают уголкового отражатели — призмы полного внутреннего отражения.

Точность измерения расстояния будет порядка нескольких сантиметров, если моменты выхода и возвращения светового импульса удастся зарегистрировать с фантастической точностью — 10^{-9} — 10^{-12} с. Современная техника позволяет это сделать.

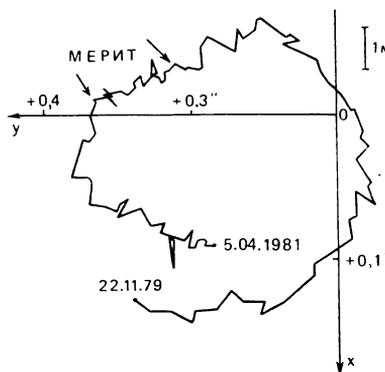
Измеренные сетью станций слежения, расстояния до спутника сравниваются с предвычисленными. В результате сравнения уточняют элементы орбиты спутника, их вековые изменения, координаты полюса и продолжительность суток. Международное бюро времени использует результаты лазерной локации Лагоса, полученные тремя независимыми сетями станций слежения.

Наконец, в определении параметров вращения Земли все большую ценность приобретают наблюдения внегалактических радиоисточников методами радиоинтерферометрии и лазерная локация Луны. Но эти наблюдения еще не стали регулярными службами.

Сейчас назрела очевидная необходимость сравнить различные методы оценки параметров вращения Земли, выяснить их преимущества и недостатки для создающейся Международной службы вращения Земли. Именно эти цели и преследует международный проект МЕРИТ (Monitoring of the Earth — Rotation and Intercomparing the Techniques of Observations and Analysis).

КАКОЙ МЕТОД ЛУЧШЕ?

Программа проекта МЕРИТ разработана группой специалистов и согласована со всеми заинтересованными организациями. Осуществлению этого проекта предшествовала короткая репетиция. Она должна была выявить всех возможных участников проекта, проверить готовность техники к оперативной обработке результатов наблюдений. В качестве стандарта для сравнения различных методов определе-

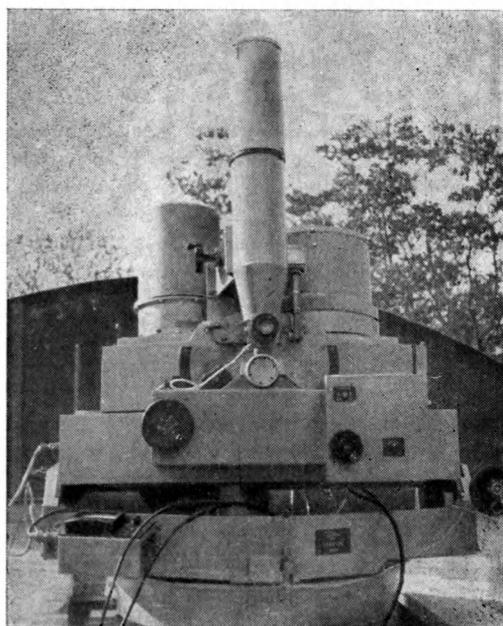


Траектория движения полюса Земли с 22 ноября 1979 года по 5 апреля 1981 года. Отмечен участок траектории, определенный во время репетиции программы МЕРИТ

ния параметров вращения Земли решили использовать данные космических наблюдений звезд.

Репетиция проводилась с 1 августа по 31 октября 1980 года. В ней участвовали

**Лазерный дальномер для локации спутника Лагос, установленный на Симеизской станции
Астрономического совета АН СССР**



62 обсерватории, систематически определяющие время и широту классическими методами (в том числе 16 обсерваторий Советского Союза), около 20 станций системы «Транзит», около 30 станций лазерной локации спутников, в том числе 7 станций международного сотрудничества социалистических стран по программе «Интеркосмос». Эпизодически работали несколько длиннобазисных радиоинтерферометров.

В мае 1982 года на специальном симпозиуме, проходившем в Грассе (Франция), были подведены итоги предварительных наблюдений по проекту МЕРИТ. Международное бюро времени выполнило общую обработку всех наблюдений, и оказалось, что с наибольшей точностью координаты полюса удалось получить по лазерным наблюдениям Лагеоса. Что касается измерения Всемирного времени, то в этом деле пока преимущество за классическими методами наблюдений. Результаты определения параметров вращения Земли методами длиннобазисной радиоинтерферометрии имеют еще необъясненные систематические различия с другими данными.

В 1982 году XVIII Генеральная ассамблея Международного астрономического союза утвердила планы наблюдений по программе МЕРИТ. Они начались 1 сентября 1983 года и продлятся до 31 октября 1984 года. Этот интервал времени соответствует продолжительности чандлеровского периода в движении полюса (около 430 суток). Кстати, проект МЕРИТ посвящается Сэту Карлу Чандлеру, обнаружившему вариации широты и движение полюса, а сборник итоговых трудов откроется его биографией.

В проекте МЕРИТ участвуют 18 советских обсерваторий, ведущих классические астрономические наблюдения времени и широты. На станциях лазерных наблюдений спутников Астрономического совета АН СССР начата систематическая локация спутника Лагеос. Сотрудники Крымской станции Физического института АН СССР и Латвийского университета осуществляют локацию Лагеоса и Луны с помощью метрового телескопа. В нашей стране созданы специальные сети наблюдательных станций, оснащенных лазерными дальномерами новейших поколений, радиотелескопами с диаметром антенн от 14 до 64 м, средствами снижения шкал времени и частоты и др.

Одним словом, идет поиск наилучшего пути создания современной Международной службы вращения Земли.

Кандидат географических наук
А. Ф. ПЛАХОТНИК

«Генеральная карта Российской империи»

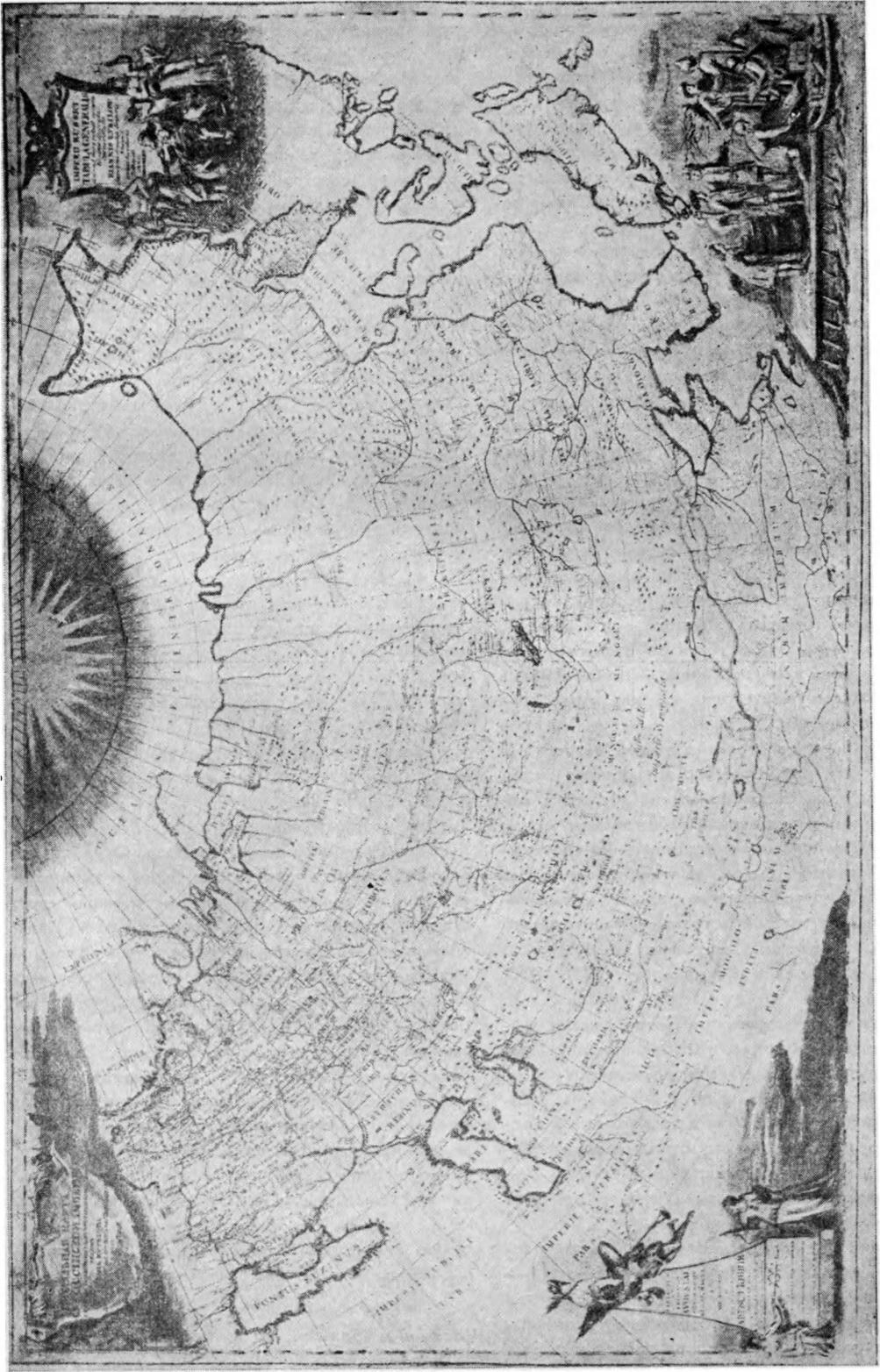


(к 250-летию ее выхода в свет)

Четверть тысячелетия тому назад произошло событие, которому суждено было стать в истории отечественной географии и картографии без преувеличения этапным — была создана первая «Генеральная карта Российской империи». В изданном по этому поводу специальным распоряжении Сената от 29 мая 1734 года говорилось: «Генеральной Российской империи Ландкарту в Фигурной полате на учиненной доске сколько возможно на александрийской бумаге напечатать». Впервые за историю России карта содержала всю территорию страны от Балтийского моря до тихоокеанского побережья; здесь показаны губернские и уездные города, административное деление страны, речная сеть, и холмиками обозначен рельеф местности. Масштаб карты: 280 верст в 1 дюйме (1 : 12 000 000), размер 88×54 дюймов, то есть 2,2×1,4 метра. В левом верхнем углу карты — надпись: «Генеральная карта о Российской империи сколько возможно было исправно сочиненная трудом Ивана Кирилова, обер-секретаря правительствующего Сената в Санкт-Петербурге, 1734».

Личность «сочинителя» этой карты Ивана Кирилова (1689—1737) весьма колоритна и характерна для своего времени. Он принадлежал к «птенцам гнезда Петрова» — славной когорте энергичных, добросовестных, высоко одаренных и образованных людей, которых Петр I умело подбирал для воплощения своих новаторских замыслов, направленных на прогрессивное переустройство Русского государства.

Выходец из семьи подъячего, Кирилов закончил Московскую математико-навигационную школу, готовившую морских штурманов и гидрографов, а также топографов и геодезистов для работы на суше. В отличие от своих сверстников, сразу же после школы отправлявшихся на съемки земель и морских побережий, Кирилов был направлен на службу в Сенат, где вскоре его поставили во главе всего



«Генеральная карта Российской империи»
И. К. Кирилова, 1734 год

съемочно-картографического дела страны. Это смелое выдвижение молодого специалиста оказалось правильным: Кирилов принимал столь деятельное участие в организации и отправке экспедиций Беринга, изыскании путей в Америку, что, по свидетельству современников, был «главной пружиной» всего этого дела. Но и на главном своем служебном поприще Кирилов снискал себе немалую славу, сделавшись подлинным вдохновителем и организатором первой государственной картографической съемки России.

Естественно, что эта колоссальная работа могла быть успешной лишь при условии, если к ней заранее исподволь проводилась тщательная подготовка. Еще в XVII веке, после Великих географических открытий во всем мире резко возросло число картографических изображений той или иной местности, и каждое все более приближалось к действительному виду земной поверхности. Не отставала в этом отношении и наша страна: например, уже в первый год XVIII века вышла в свет карта Семена Ремезова «Чертеж всех сибирских градусов и земель», а вскоре — в 1703 году, в связи с начатыми Петром I работами по прорытию Волго-Донского канала, — понадобилось издать «Атлас карт реки Дона, Азовского и Черного морей».

В последнее десятилетие жизни Петра I работы по картографированию внутренних частей страны приняли систематический характер, поскольку многие петровские начинания не могли обойтись без всестороннего изучения государственной территории и ее изображения на картах, а вслед за инструментальными съемками отдельных частей страны правительство задумало осуществить и съемку всей страны в целом (Земля и Вселенная, 1973, № 3, с. 67.— Ред.).

Русская картография при Петре I непосредственно служила целям географического познания страны, ее производительных сил и решения многих военно-политических и экономических проблем. Уже в те времена в России географической карте отводилась исключительно важная государственная роль. Она рассматривалась как высокая культурная ценность.

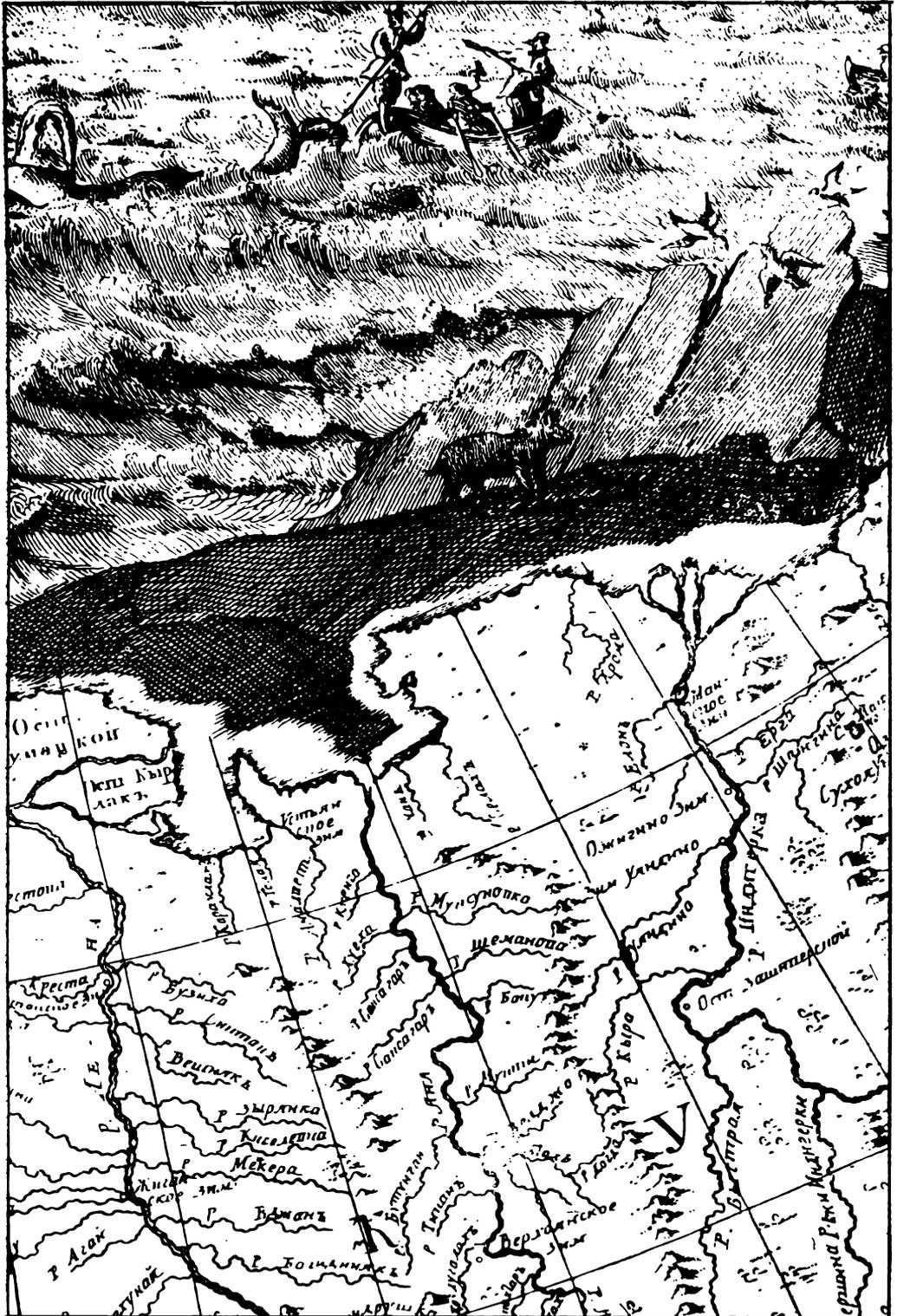
«Великий Государь указал,— гласило распоряжение Сената от 22 декабря 1720 года,— которые геодезию и географию изучали, тех посылать в губернии для сочинения ландкарт». В соответствии с этим распоряжением уже в следующем году съемки местности

производили 34 геодезиста, и с каждым годом число их увеличивалось. После внезапной смерти Петра I в 1725 году дело это еще некоторое время продолжалось, но если при сторонниках Петра I оно развивалось целенаправленно, то при его противниках — уже как бы по инерции.

Порядок работы геодезистов определялся специальными инструкциями, изданными в 1720 и 1723 годах. Съемки местности выполнялись по уездам, причем масштаб каждой уездной карты выбирался таким, чтобы она умещалась на одном листе, — имея в виду следующее сведение всех подобных листов в атлас. В 1744 году, ко времени окончания съемок, из 285 уездов удалось охватить 200. В уездные ландкарты геодезисты обязаны были вносить города, села, деревни, крепости, валы, засеки, мельницы, дороги, леса, горы, реки, озера, болота, каналы, шлюзы и все другие примечательные объекты местности. Определение их широт велось по высотам Солнца или по Полярной звезде, долготы же практически не измерялись: разрешалось определять разности долгот путем счисления (по разности широт и расстояния между пунктами). По этому поводу в инструкциях, составленных при участии Петра I, говорилось: «в ландкартах писать градусы по широте, которые усмотрены будут по квадранту, а долготы от Канарских островов, как в старых ландкартах и в каталогах написано».

Все уездные ландкарты поступали в Сенат и сосредоточивались у Кирилова. Официально его обязанности сводились лишь к просмотру, регистрации и хранению поступивших карт. Однако личная его заинтересованность, осознание всей важности проводимого мероприятия, инициативность скоро привели к тому, что он взял все дело в свои руки. Наблюдал за работой геодезистов и за своевременной присылкой уездных ландкарт, вел учет заснятых ландкартами территорий, изыскивал инструменты для съемки и снабжал ими геодезистов, занимался материальным обеспечением и продвижением отличившихся по службе. Естественно, что по мере того, как в Сенате накапливались материалы картографических съемок, И. К. Кирилов все больше думал о том, как лучше и быстрее создать единую карту страны. По свидетельству современников, он «пер-

Часть «Генеральной карты Российской империи» из Атласа Российского Академии наук (1745): нижнее течение рек Лены, Яны и Индигирки



вый взял на себя труд всероссийские ландкарты собрать и чрез обретавшихся при Сенате геодезистов... генеральную российскую ландкарту сочинить».

Иностранцы картографы, не располагая соответствующими материалами, на своих картах России многие территории иногда обозначали «пустыми землями», а ведь в те времена земли эти были уже освоены и густо заселены. Неотложная необходимость устранить этот недостаток побудила Кирилова к составлению первой генеральной карты страны еще до окончания полной съемки всей ее территории.

При составлении этого выдающегося произведения И. К. Кирилов пользовался не только уездными картами геодезистов, но и всем лучшим, что удалось достичь к тому времени русской и мировой картографии. В частности, изображая берега северо-восточной Азии, он взял за основу карту первой Камчатской экспедиции Беринга 1729 года, а контуры Каспийского моря дал по карте Ф. И. Соймонова 1731 года. Изобразить Аральское море ему помог большой знаток этих мест Магомет Тевнелев, с которым Кирилов встречался также в 1731 году.

«Генеральная Российской империи новая карта,— отмечает Кирилов,— в себе не только одной Российской империи владения показывает, но и всех с нею соседних областей изъясняет знание части с таким оккуратством, кои прежде не были известны». Например, изображение на этой карте Хивы, «Великой Татарии» (по нынешним представлениям — Китая и Монголии и примыкающих к ним мелких государств), Кореи и их границ было взято со многих оригинальных карт, напечатанных в Пекине.

Необходимо отметить, что сбор всех этих сведений, переводы, гравирование листов карт, подготовка их досок к печатанию и многое другое, связанное с «Генеральной картой», занимало не только весь скудный досуг, но и поглощало массу его личных средств, поскольку на «Генеральную карту» денег ему казна еще не отпускала и неизвестно было, когда начала бы отпускать. Сознывая, что «время не ждет», этот энтузиаст картографии стал вкладывать собственные средства. Не имея иных источников существования, кроме жалованья, Кирилов попробовал добывать необходимые для «Генеральной карты» деньги коммерцией и, в частности, открыл в Москве мельницу, а когда и этого оказалось мало, стал везде, где только мог, занимать деньги в долг. «Ма-

териалы для истории Академии наук» (Спб., 1886) и «Сенатский архив» (Спб., 1904) донесли до нас потрясающие по своему трагизму строки о том, как позднее, когда И. К. Кирилов внезапно скончался, его жена с малыми детьми на руках, оставшись совершенно без средств к жизни, тщетно пыталась для покрытия хотя бы части оставшихся после мужа долгов продать Академии наук выгравированные им доски карт, и как затем, уже много лет спустя за сыном И. К. Кирилова все еще числились большие долги, связанные с картографическими делами его отца..

Никакие трудности не могли остановить творческий порыв И. К. Кирилова. Превыше всего для него была государственная важность создания «Генеральной карты» страны. И. К. Кирилов, которого называли предшественником М. В. Ломоносова в области географии, безвременно умер в 1737 году, когда ему едва исполнилось 48 лет. Но умер с верой, что жизнь прожита не зря.

Значение его «Генеральной карты» для тогдашнего Русского государства трудно переоценить. Она впервые дала русским людям наглядное представление о своей стране в целом и об отдельных ее частях, способствовала укреплению сознания могущества своей Родины, законной гордости за нее.

Живейший интерес вызвала карта Кирилова и за рубежом. Она послужила источником для изображения России в ряде зарубежных карт и атласов, а имя ее создателя появилось за границей в изданиях, посвященных развитию картографии в нашей стране в середине XVIII века.

«Генеральная карта Российской империи» 1734 года — исключительно ценный памятник русской культуры первой половины XVIII века, яркий документальный итог того периода, когда зарождалась и только начинала развиваться научная картография в нашей стране. На «Генеральной карте Российской империи», а также на других картах, которые успел создать И. К. Кирилов, учились последующие поколения русских геодезистов и картографов.

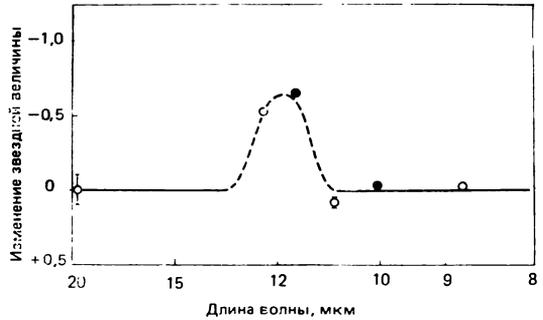


Есть ли атмосферы у астероидов?

С момента открытия астероидов в начале прошлого века стало ясно, что они очень малы. Об этом убедительно свидетельствовал их слишком слабый блеск: только Веста бывает едва видна невооруженным глазом как объект около 6^m . Удивительным образом опытные наблюдатели, среди которых был и В. Гершель, сходились на том, что Церера и Паллада окружены атмосферами, тогда как Юнона и Веста их не имеют. По наблюдениям на частной обсерватории в Лилиентале И. Шрётер получил, что атмосфера Цереры простирается на 1200 км, а атмосфера Паллады — почти на 900 км. Эти результаты ни у кого не вызывали сомнений.

Обсуждая проблему атмосфер у астероидов, русский астроном и математик Д. М. Певевошиков писал в 1847 году: «Откуда взялись такие обширные атмосферы? Без сомнения, они суть части хвоста и головы той кометы, которая разбила планету, находившуюся между Марсом и Юпитером. Этот решительный ответ весьма остроумен, но опровергается простым наблюдением, показывающим, что Веста не имеет и следов атмосферы. По какой же причине произошло такое неравномерное разделение кометного вещества между частями разбитой планеты?»

Позднее, когда была разработана теория диссипации планетных атмосфер, выяснилось, что даже такие крупные тела, как Луна и Меркурий, не в состоянии удержать атмосферы своим слабым тяготением. Что же говорить об астероидах, если даже на крупнейшем из них — Церере — скорость убегания составляет всего лишь 700 м/с?! От прежних наблюдений отмахнулись, сочтя их ошибочными, и больше к этому вопросу не возвращались. Отсутствие атмосфер у астероидов подтвердилось и экспериментально. Академик В. Г. Фесенков обращал внимание на то, что степень поляризации света, идущего от астероидов, такая же, как у тел, лишенных атмосфер.



Инфракрасный спектр Цереры, полученный О. Хансеном, с полосой излучения около 12 мкм

В начале 70-х годов американский астрофизик О. Хансен наблюдал несколько крупных астероидов в далекой инфракрасной области (8—20 мкм). Пологие монотонные спектры свидетельствовали лишь о том, что астероиды слегка теплые. Но один результат оказался сенсационным: спектральная кривая Цереры в области 12 мкм неожиданно подскочила на $0,5^m$ (то есть излучение возросло почти на 60%). Можно было думать, что это увеличение блеска создается полосой излучения, характерной для газов. Подобные полосы наблюдаются у тех планет и их спутников, которые окружены атмосферой.

Но ведь Церера не должна обладать атмосферой! Чтобы объяснить возникший парадокс, Хансен выдвинул заманчивую гипотезу: на Церере происходит непрерывное испарение летучих веществ, которые, стало быть, должны входить в состав вещества ее поверхности. Среди разных оценок массы и диаметра Цереры (до сих пор не слишком точных) можно подобрать такую пару значений, которая приведет к низкой оценке средней плотности ее вещества (около 1 г/см^3), согласующейся

с предположением Хансена, будто Церера в значительной степени состоит из льдов.

Следует сказать, что и самому Хансену его гипотеза представлялась недостаточно обоснованной, и он считал, что до окончательных выводов еще далеко. Результатам Хансена, казалось, противоречили данные поляризметрических наблюдений Цереры. Из этих наблюдений следовало, что астероид не имеет на поверхности слишком рыхлых структур, которые должны бы образоваться при испарении льдов. Инфракрасные полосы оставались загадкой.

Л. Лебовский с сотрудниками (Аризонский университет, США) детально исследовали спектр Цереры, но на более коротких волнах. Они пришли к выводу: поверхность Цереры сложена минералами, похожими на земные глины. Глины Цереры содержат около 10% воды. Они удерживают ее лишь потому, что Церера, двигаясь далеко от Солнца, слишком слабо согревается его лучами. В противном случае вода давно бы уже ускользнула в межпланетное пространство. Но все-таки она вымораживается из глин и, по-видимому, кое-где покрывает их тонким слоем инея. Не исключено, что в состав Цереры входят и более летучие вещества, ответственные за полосу, обнаруженную Хансеном.

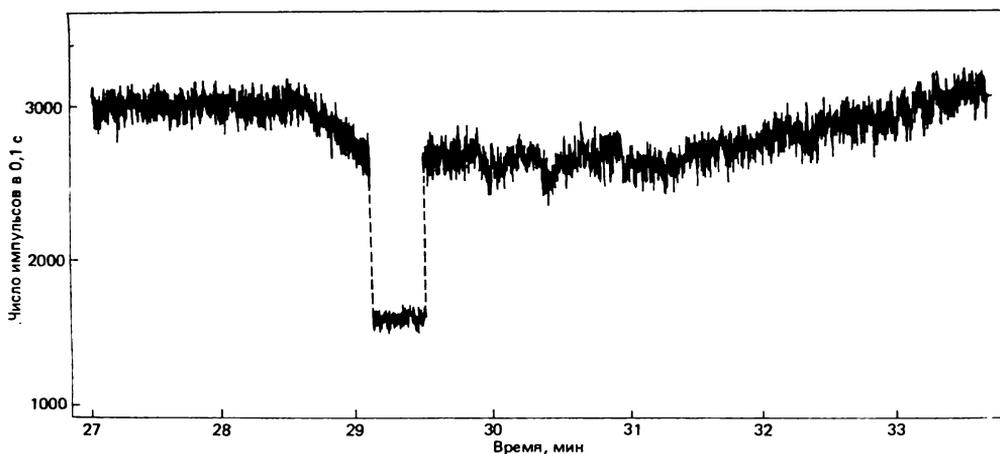
День 4 марта 1983 года принес новую неожиданность. На Астрономической обсерватории имени В. П. Энгельгардта близ Казани наблюдали предвычисленное небесными механиками покрытие слабой звезды (9,2^m) Пал-

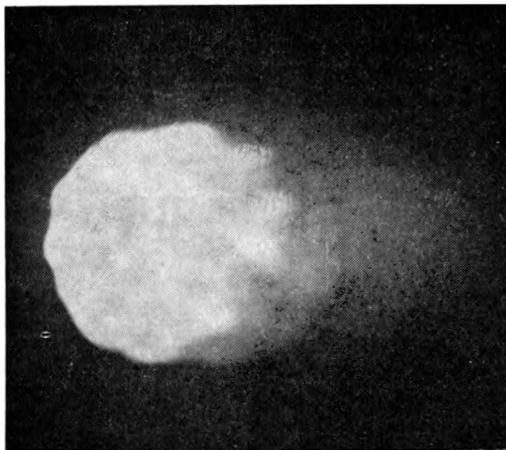
ладой, которая в это время была еще слабее. Погода благоприятствовала наблюдениям. Облаков на небе не было. 50-сантиметровый рефлектор (АЗТ-14) был оснащен электрофотометром, разработанным и изготовленным в конструкторской группе обсерватории. Его фотоумножитель (ФЭУ-79) работал в режиме счета фотонов, а импульсы, накопленные за каждую 0,1 с, можно было передавать в память микро-ЭВМ и в дальнейшем заносить на перфокарту.

За 30 мин до предвычисленного времени покрытия наблюдатель В. Б. Капков включил аппаратуру. Наблюдения велись в интегральном свете. Когда сотрудники обсерватории увидели полученную регистрограмму покрытия, она поразила их. Вместо П-образного провала (который должен был получиться, пока звезду заслонял астероид), они увидели, что еще задолго до начала покрытия суммарный блеск звезды и астероида начал падать. Примерно за 25 с поток фотонов уменьшился на 11%. Затем произошло покрытие звезды, которое длилось 23,5 с. По окончании покрытия поток фотонов возрос как раз до того значения, которое предшествовало покрытию, и лишь потом, очень медленно, почти за 4 мин, достиг прежнего, начального уровня.

На основе этих наблюдений В. Б. Капков высказал гипотезу о существовании у Паллады протяженной атмосферы, простирающейся на несколько тысяч километров. Вид регистрограммы покрытия свидетельствовал, что атмосфера асимметрична: она вытянута в сторону, противоположную Солнцу, подобно атмосфере комет. Результаты Капкова (как, впрочем, и результаты Хансена) не подтверждены другими наблюдениями и у многих вызывают сомнение.

Регистрограмма покрытия звезды Палладой, полученная В. Б. Капковым





Гипотетическая атмосфера Паллады.
Рисунок В. Б. Капнова

Не повинно ли в наблюдаемой картине маленькое облачко в земной атмосфере, не заметное глазу, но обнаруженное счетчиком фотонов? Ответа на этот вопрос нет. Только новые наблюдения помогут решить, есть ли атмосфера у Паллады.

Следует заметить, что спектральные на-

блюдения, выполненные Лебовским, показывают наличие водосодержащих силикатов и на поверхности Паллады, хотя и в меньшем количестве, чем на Церере. И так же, как на Церере, на ней нельзя исключить присутствие и других, еще более летучих веществ. По этой причине оба астероида способны вести себя как очень неактивные кометы. Не приближаясь к Солнцу, они не подвергаются интенсивному испарению и не сбрасывают в ходе такого испарения верхний, уже обедненный летучими веществами слой, под которым их может быть захоронено много. Столкновения с другими астероидами и их многочисленными осколками, среди которых движутся Церера и Паллада, время от времени должны способствовать разрушению этого слоя и выделению летучих веществ. Поэтому не исключено, что оба астероида обладают очень скудными атмосферами, которые по временам становятся заметными.

Итак, наличие атмосфер у Цереры и Паллады обсуждается снова, хотя и требует дальнейшей проверки. В отличие от них Юнона и Веста обеднены летучими веществами, и нечего надеяться обнаружить у них слабые следы атмосфер.

Очередные рейсы «Гломара Челленджера»

В 93-м рейсе судна в июле 1983 года бурение было проведено в 270 милях от мыса Гаттерас (штат Северная Каролина, США), где глубина моря более 4500 м. Одна из скважин достигла около 1500 м под ложем океана. На глубине почти 1200 м обнаружены древние песчаники, относящиеся к раннемеловому периоду (примерно 115 млн. лет назад). Они перемежаются черными глинистыми сланцами, которые образуют толщу 200-метровой мощности. Перемежающиеся слои содержат рекордное количество органических пород (от 4,1 до 13,6%). И хоть «зрелые» углеводороды еще не обнаружены, здесь,



несомненно, присутствуют все основные признаки месторождения нефти.

Чем же был обусловлен происходивший процесс, приведший к отложению такого мощного слоя песчаников? Возможно, это связано с существованием дельт очень крупных рек, которые выносили осадки за пределы континентального шельфа.

Интересны также результаты бурения в верхней части подводного поднятия в 100 милях от Атлантик-Сити (штат Нью-Джерси), где обнаружены

гляциальные отложения возрастом около 5 млн. лет. Очевидно, они связаны с падением уровня моря при наступлении ледников в эпоху ледяного миоцена (12 млн. лет назад).

Особое внимание палеонтологов привлекли данные бурения у берегов Нью-Джерси, где обнаружены свидетельства интенсивного отложения осадочных пород в конце мелового — начале третичного периода. Последовательность этих пород можно рассматривать в качестве «летописи» жизни микроорганизмов, существовавших в эту ключевую для развития жизни на Земле эпоху (около 65 млн. лет назад), когда в сравнительно короткое время вымерли не только гигантские пресмыкающиеся суши, но и большинство видов обитателей океана. На борту судна в 93-м рейсе работали ученые США, Велико-



Акустические исследования в океане

ЗВУК В МОРСКОЙ ВОДЕ

В последние десятилетия существенно расширились исследования в Мировом океане. Вместо традиционных океанологических методов, как правило, весьма трудоемких, для решения многих задач стали применять новые экспрессные методы, использующие новейшие достижения физики.

В хорошо проводящей соленой морской воде электромагнитные волны сильно затухают, поэтому световые волны или радиоволны в толще океана использовать практически невозможно. Зато там хорошо распространяются акустические волны, скорость которых в воде почти в 5 раз больше, а затухают они гораздо слабее, чем в воздухе. Эти свойства акустических волн и предопределили быстрое раз-

витие нового направления в гидроакустике, получившего название акустики океана (Земля и Вселенная, 1977, № 4, с. 2.— Ред.).

Океаническая среда весьма неоднородна, и это сказывается на распространении звуковых волн в океане. На определенной глубине возникает **подводный звуковой канал**, который, подобно волноводу, концентрирует распространяющуюся в нем акустическую энергию, так что на некоторых расстояниях от источника звука могут появляться области повышенной концентрации акустической энергии — зоны конвергенции и, наоборот, зоны тени, куда практически не попадает акустическая энергия.

Заметное влияние на распространение звука в толще воды оказывают также естественные неровные границы — поверхность и дно,

Британии, Франции, Японии, Италии, ФРГ и Нидерландов.

В июле-августе 1983 года научно-исследовательское судно «Гломар Челленджер» совершило свой 94-й рейс. Одной из целей экспедиции, обследовавшей часть Атлантического океана от Азорских островов до юго-западного побережья Ирландии, было определение времени, когда в Северном полушарии Земли началось оледенение. Район, выбранный для экспедиции, особенно подходит для сбора данных, относящихся к этой проблеме, так как отличается самым интенсивным обменом тепловой энергией между океаном и атмосферой в зимнее время.

На борт судна были подняты ненарушенные колонки осадочных пород возрастом до 40 млн. лет. Их изучение подтвердило предположение, согласно которому переход от

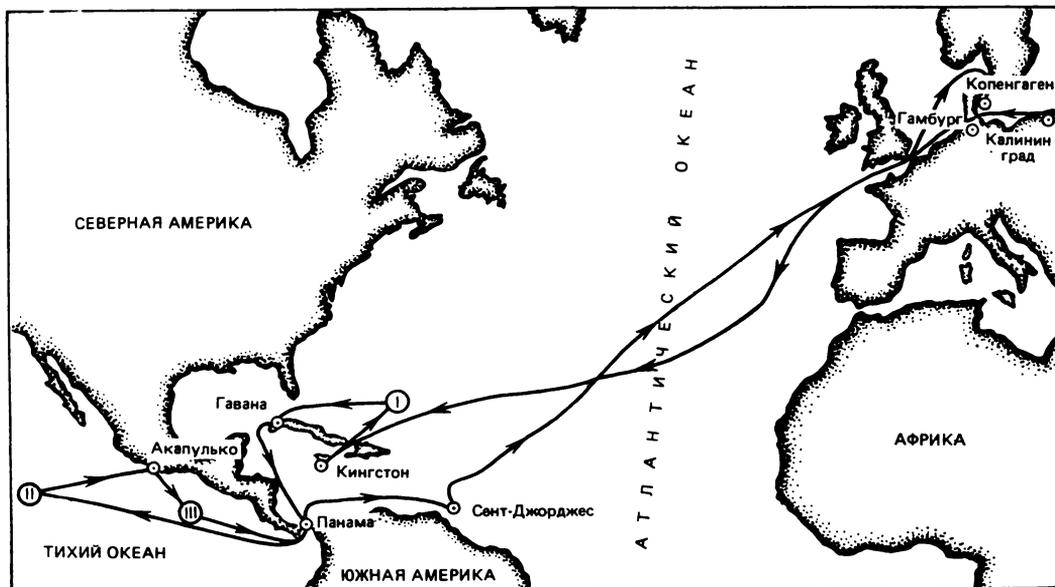
догляциальных условий (когда на дне океана отлагались главным образом известковые илы) к гляциальным (циклически сменялись слои таких илов и ледниковых морских отложений) произошел около 2,4 млн. лет назад. Этим переходом «маркируется» начало крупного эпизода оледенения в Северном полушарии, когда существенное похолодание охватило всю восточную область центральной Атлантики вплоть до 41° с. ш.

Неожиданными оказались результаты бурения осадочных пород Северной Атлантики, перенесенных течениями. Здесь обширные поля мощных осадков подобны песчаным дюнам высотой в десятки метров, которые на расстоянии километра-двух друг от друга протянулись по дну океана. Бурение было проведено на двух крупнейших дюнных полях Северной Атлантики. Но

в этих местах перенесенные течениями осадки не содержали илестых пород сухопутного происхождения. Они оказались типично глубоководными.

В ходе экспедиции была открыта древняя островная дуга (подобная Азорскому архипелагу), существовавшая над поверхностью океана около 30 млн. лет назад. Установлено, что эта цепь хребтов высотой до 2000 м и жёлобов глубиной до 4500 м была группой островов с горными вершинами, которые появились в результате необычайно интенсивной вулканической активности.

Deep Sea Drilling Project, 1983, 329, 331.



Маршрут экспедиции. Кружками обозначены районы работ

ЗАДАЧИ ЭКСПЕДИЦИИ И РАЙОНЫ РАБОТ

отражающие и рассеивающие акустическую энергию. Влияют и биологические объекты. Практически повсюду на глубине до 1000 м обнаружены скопления морских организмов — мелких рыбок и планктона. Они образуют **звукорассеивающие слои**, и рассеяние звука от них бывает так велико, что порой полностью маскирует на записях эхолотов сигналы, отраженные дном.

В акустических исследованиях океана не менее важно и то, что по особенностям распространения, отражения, рассеяния акустических волн можно получать информацию о свойствах среды, а также об отражающих и рассеивающих объектах. Характеристики окружающих шумов океана дают возможность судить о параметрах источников, будь то динамические процессы или морские животные. Определение параметров океана на основе такой информации — вот конечная цель этого круга исследований.

Именно развитию акустических методов, а также опробованию акустических средств в океане и был посвящен 6-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 62.— Ред.).

Большой объем работ планировалось провести в экспедиции с автономными акустическими донными станциями. Внедрение их в методику океанических исследований и само по себе сложная проблема. К тому же с их помощью предстояло зарегистрировать собственные шумы океана и выяснить их связь с различными процессами в океане, а также определить структуру дна по интерференционной картине звукового поля. Кроме того, планировалось исследовать микро- и тонкую структуру водных масс измерителем скорости звука, изучить поверхностное волнение, определить микрорельеф дна и параметры донного грунта. В экспедиции планировалось провести также большой цикл работ по метрологическому обеспечению исследований.

Научный коллектив экспедиции насчитывал 60 человек. Основу его составили сотрудники Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР, но участвовали ученые и из других институтов и учреждений, студенты и аспиранты Московского физико-технического института. Научным руководителем экспедиции был академик Л. М. Бреховских.

13 мая 1983 года судно покинуло Калининград. Первым районом, где предстояло начать работы, был выбран участок Атлантического океана между Бермудскими островами

и островом Гаити. Здесь американское судно «Гломар Челленджер» уже провело глубоководное бурение и получило данные о структуре дна в верхнем осадочном слое (Земля и Вселенная, 1982, № 4, с. 38.—Ред.). Теперь в этом районе надлежало определить структуру дна с помощью акустических автономных донных станций и сопоставить эти данные с результатами бурения.

Второй район располагался в Тихом океане между разломами Кларион и Клиппертон — здесь, на дне, ожидали встретить железомарганцевые конкреции (Земля и Вселенная, 1982, № 4, с. 34.—Ред.). Планировалось исследовать, как океанское дно рассеивает звук, и одновременно выяснить, насколько реален экспрессный акустический метод разведки конкреций.

Третий район был выбран в качестве контрольного. Он находится примерно в 1000 миль на юго-восток от второго и имеет общие с ним геоморфологические характеристики. Но здесь на дне железомарганцевых конкреций нет, так что предоставлялась возможность сравнить характеристики рассеянных дном акустических сигналов в тех случаях, когда есть конкреции и когда их нет.

Все подготовительные работы выполнялись на переходе через Атлантику. Эксперименты, связанные с изучением отраженных и рассеянных поверхностью океана акустических сигналов, проводили при переходе через Атлантику на обратном пути. Поскольку они требуют различных погодных условий, а переход за-

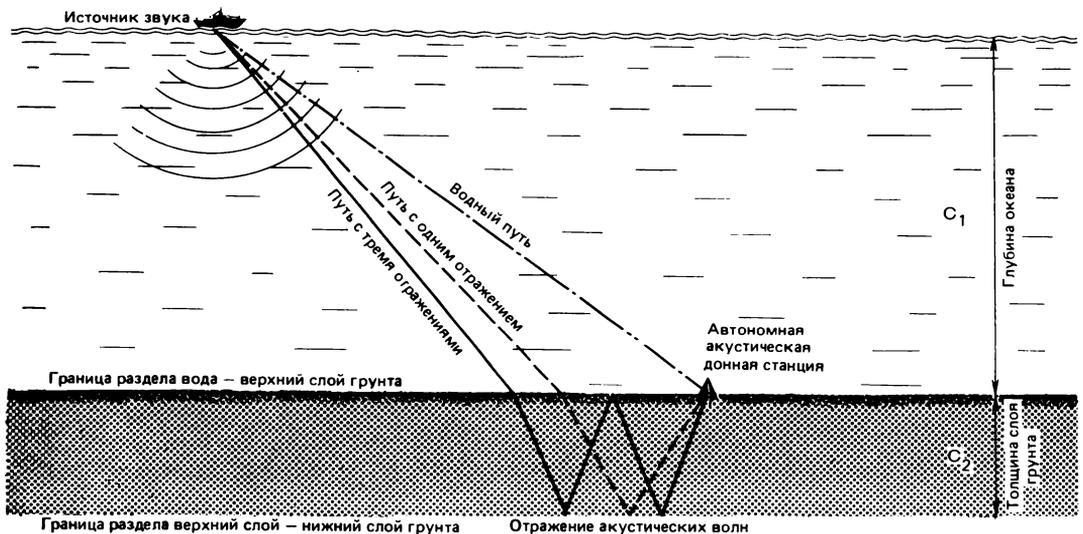
нимал много дней, то легко было выбрать весь спектр состояний поверхности океана, необходимый для выполнения программы.

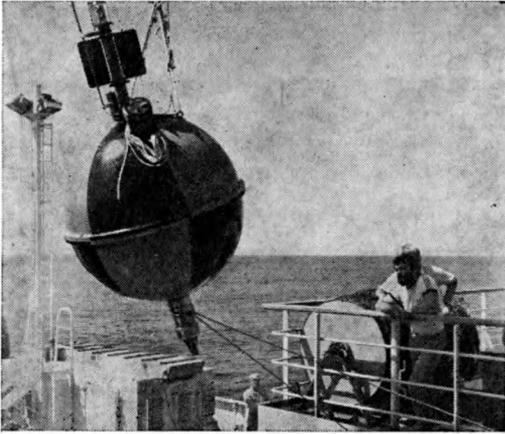
ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ОКЕАНЕ

В первом (атлантическом) районе основное внимание уделялось исследованию **структуры дна**, для чего использовали акустические автономные донные станции. Поскольку дно представляет собой горизонтально-слоистую неоднородную среду, то от источника звука (которым служило само судно), расположенного вблизи поверхности воды, к приемнику звука на дне сигналы будут поступать по нескольким путям. Во-первых, только через водную толщу, во-вторых, через водную толщу и верхний слой грунта с одним отражением от границы раздела осадков и, наконец, через воду и верхний слой грунта с двумя или более отражениями от границ разделов.

Сигнал, поступивший к приемнику после многократного отражения, намного слабее сигнала, пришедшего по «водному» пути. Разность хода сигналов в первых двух случаях определяется скоростью звука в воде (известная величина), скоростью звука в верхнем слое грунта (неизвестная величина), расположением

Схема эксперимента, в котором определялась структура дна.
 C_1 — скорость звука в воде. Скорость звука в верхнем слое грунта C_2 и толщина слоя грунта определяется по записям донной акустической станции





Акустическая автономная донная станция перед спуском на дно

станции относительно судна (известные величины), толщиной верхнего слоя грунта (неизвестная величина).

При движении источника звука по воде относительно донной станции разность хода сигналов (временная задержка) меняется, и амплитуда результирующего сигнала изменяется от суммы амплитуд до их разности. Измеряя расстояние между максимумами и минимумами результирующего сигнала, мы можем по записи донной станции определить неизвестные величины — скорость звука в верхнем слое грунта и саму толщину слоя, а значит, и структуру дна.

Заметим, что данные бурения с судна «Гломар Челленджер», проведенного в этом районе, не позволяли точно определять параметры структуры дна. Результаты же акустического эксперимента, выполненного в 6-м рейсе «Академика Мстислава Келдыша» сотрудниками Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР А. И. Веденевым, А. Г. Вороновичем, В. В. Гончаровым и В. Д. Никифоровым, дали возможность однозначно выявить структуру дна.

Интересный результат, касающийся миграционных характеристик звукорассеивающих слоев, был получен в тихоокеанском районе сотрудником того же института В. А. Мозговым. В дневное время слои эти обычно располагаются на глубине от 200 до 1000 м и имеют максимум рассеяния на разных частотах. Связано это с тем, что звукорассеивающие слои — это, как правило, скопления мел-

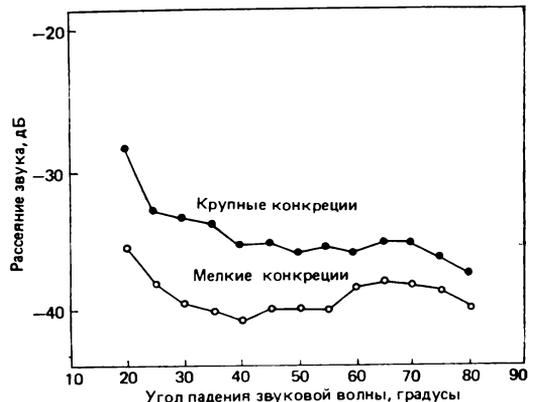
ких рыбешек, плавательные пузыри которых рассеивают звук избирательно по частоте. Например, в Атлантическом океане слой на глубине 500—800 м лучше всего рассеивает звук на частоте около 5 кГц.

Ночью звукорассеивающие слои обычно «поднимаются» к поверхности и располагаются в верхнем 200-метровом слое. Эта миграция начинается обычно за 1—2 часа до заката Солнца и заканчивается через 1—2 часа после заката. Наши исследования показали, что в тихоокеанском районе работ на глубине 200 м за 1—2 часа до утренней миграции коэффициент рассеяния звука на частоте 4 кГц был почти в 100 раз больше, чем когда-либо наблюдавшийся в Мировом океане. В дневное же и ночное время его значения не превышали обычного уровня.

Возможно, в данном районе рассеиватели в пределах верхнего 200-метрового слоя начинали мигрировать вниз в различное время и одновременно оказывались на глубине 200 м. Большой коэффициент рассеяния звука мог быть также связан с различной скоростью миграции рассеивателей, расположенных на разных горизонтах. Не исключено, конечно, что имели место и оба фактора — неодновременность начала и различная скорость миграции.

В тихоокеанском районе основные работы были связаны с исследованием рассеяния звука дном океана, которые проводились под

Кривые рассеяния звука океанским дном в зависимости от угла падения звуковой волны на дно. Рассеяние звука от участков дна, где располагаются крупные железомарганцевые конкреции, в несколько раз больше, чем от участков, где конкреции мелкие

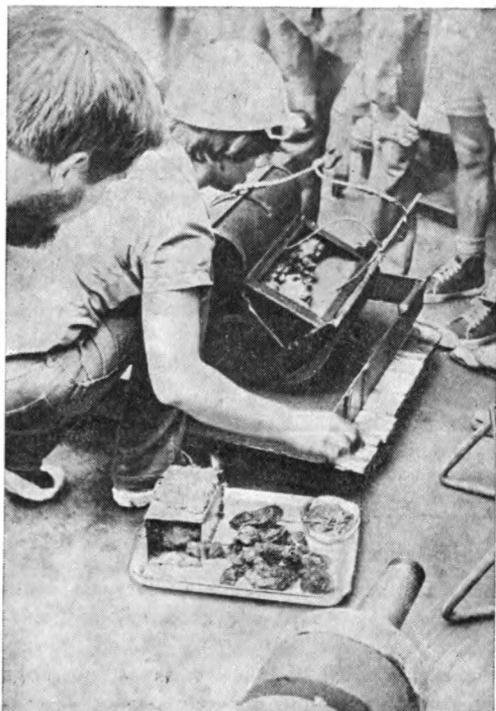


руководством В. В. Савельева на глубоководной установке, способной опускаться до 6000 м на кабель-тросе. Установка включала в себя мощный тиристорный генератор, а также пьезокерамический приемник звука с усилителем.

Импульс длительностью в несколько миллисекунд, заполненный высокой частотой, излучали в воду. Достигнув дна, он «озвучивал» кольцевой участок поверхности дна с эпицентром под точкой излучения-приема. Сигнал, рассеянный дном, поступал на приемник звука последовательно с разных углов падения. Таким образом, один излученный сигнал позволял получить угловую зависимость коэффициента рассеяния звука дном на конкретной частоте. Обычно точка излучения-приема располагалась в толще вод в 15—50 м от дна, что позволяло охватить диапазон углов падения, равный 15—85°.

Коэффициент рассеяния звука поверхностью растет с увеличением ее шероховатости. Под глубоководной акустической установкой подвешивалась фотоустановка, снимавшая микрорельеф дна в точке, где проводились измерения. В этом же районе дночерпателем брались многочисленные пробы с поверхности дна, а также выполнялась съемка дна гидролокатором бокового обзора. Принцип действия этого прибора основан на рассеянии звука дном в обратном направлении. Перпендикулярно ходу движения судна излучается импульс узконаправленным источником звука. Пробегая по дну, импульс рассеивается последовательно от различных участков. Принятый рассеянный сигнал регистрируется специальным самописцем, причем таким образом, что большому рассеянному сигналу соответствует более темная запись на ленте самописца, поэтому каждая посылка прочерчивает на ленте линию с различной степенью потемнения. В результате на ленте вырисовывается картина, отображающая свойства рассеяния того или иного участка дна,— темные пятна соответствуют сильному рассеянию, светлые — слабому.

Если на ровном дне выступают гряды или возвышенности, то они видны и на записи прибора. Какие-либо предметы, например куски кабеля, трубопровод или затонувшее судно, тоже будут видны на ленте самописца, так как за ними образуется акустическая тень, от которой не возникнет рассеяния. Предполагалось использовать этот принцип для выявления участков дна, где находятся конкре-

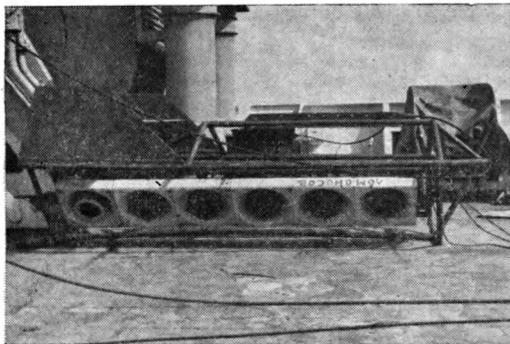


Дночерпатель с железомарганцевыми конкрециями, поднятыми с глубины 4000 м

ции: рассеянный от них сигнал должен быть больше, чем от участков, где их нет.

В самом начале работы экспедиции в тихоокеанском районе был установлен на якорь реперный буй с радиолокационным отражателем, координаты которого определялись спутниковой навигационной системой. Относительно буя и определялось положение судна во всех экспериментах.

Исследования проводились следующим образом: сначала под руководством сотрудника Института океанологии АН СССР Ю. А. Захлестина осуществили съемку дна локатором бокового обзора, затем выбрали участки дна с максимальным и минимальным рассеянием. С этих участков взяли пробы грунта и провели измерения угловых зависимостей коэффициента рассеяния звука от дна с фотографированием микрорельефа в точках измерений. В итоге установили, что на тех участках дна, где рассеяние велико, имеются железомарганцевые конкреции размером 10—12 см, а их масса на 1 м² площади больше 20 кг. На тех участках дна, где рассеяние минимально, раз-



Гидролокатор бонового обзора
для съемки дна

меры конкреций не превышают 3—4 см, а их масса на 1 м² площади меньше — 3—5 кг.

ПЕРСПЕКТИВЫ ГИДРОАКУСТИКИ

Результаты исследований, проведенных в 6-м рейсе судна «Академик Мстислав Келдыш», представляют как научный, так и практический интерес. К примеру, работы, связанные с возможностью разведки железомарганцевых конкреций, имеют большое экономическое значение, ведь такие районы занимают огромные площади Мирового океана.

Изучение звукорассеивающих слоев, с одной стороны, позволяет прогнозировать формирование вторичных (рассеянных) акустических полей в океане и наблюдать поведение организмов, населяющих эти слои, а с другой — эти исследования могут оказаться полезными для нужд рыбной промышленности. Хотя сами животные, образующие звукорассеивающие слои, и не имеют промыслового значения, однако в пищевой цепи они служат

звеном, за которым сразу же идут промысловые рыбы.

Определение структуры верхних слоев дна с большой точностью, несомненно, представляет немалый интерес для морской геологии, а также для нужд акустики океана, ведь эти данные позволяют правильно трактовать законы распространения звука в океане. Исследование шумов океана обеспечивает нас данными о динамических процессах, происходящих в океане, что немаловажно для исследования такого сложного явления, как взаимодействие океана и атмосферы.

Однако наиболее перспективным применением акустики к исследованию Мирового океана, по-видимому, будет метод, получивший название **акустической томографии** океана. Как известно, время распространения акустических сигналов в водной среде зависит и от расположения точек излучения и приема, и от распределения зон с различной скоростью звука, что связано с распределением температуры, солености и плотности, а также от поля скоростей перемещения водных масс. Поэтому если разместить по периметру исследуемого района (таким районом в пределе может быть весь океан) необходимое число установок, излучающих и принимающих акустические сигналы, то, измеряя время распространения сигналов по различным путям, пересекающим в разных направлениях выделенный район, можно получить информацию, на основании которой удастся определить структуру водных масс. Когда будет решена эта задача и начнет функционировать глобальная система акустической томографии, ученые станут получать непрерывную информацию о параметрах водных масс в любой точке Мирового океана.



Рейсы кораблей науки (июнь — декабрь 1983 года)

Научно - исследовательские суда Академии наук СССР и академий наук союзных республик во втором полугодии

1983 года продолжали исследования Мирового океана по национальным и международным программам в рамках единого координационного плана и по планам научных учреждений АН СССР.

Мурманский морской биологический институт на судне «Дальние Зеленцы» провел экс-





педицию, продолжившую морские палеоэкологические и гидробиологические исследования. Изучались современные и верхнеплейстоценовые отложения, ископаемые остатки флоры и фауны для климатических и гидрологических реконструкций, воссоздания биологической и экологической истории северных морей.

Экспедиция Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР на судне «Профессор Штокман» выполнила комплексные геофизические исследования глубинного строения Баренцева и Карского морей. Она показала, что метод широкоугольного сейсмического профилирования дает возможность детально изучать поверхность раздела сложных форм, и установила перспективные в нефтегазоносном отношении зоны сочленения Южно- и Северо-Баренцевоморских впадин.

«Академик Курчатов» (Институт океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР) совершил рейс в северо-западную Атлантику и в Карибское море, где исследовались фоновые характеристики предполагаемых полигонов по проекту «Дюмад». Экспедиция также изучала оптические свойства световых полей вод тропической Атлантики. Получена информация о поглощении мюонов в воде, даны рекомендации по проведению экспериментов, связанных с глубоководным детектированием космических мюонов и нейтрино.

В Западной Атлантике и в Карибском море на шельфе острова Куба работало судно «Рифт» Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР. Здесь проводились геолого-геофизические и биологические исследования, позволившие охарактеризовать рельеф

и состав осадков в зоне края шельфа и на островном склоне. Экспедиция обнаружила вертикальные разломы и микроканьоны, через которые порода с шельфа поступает в глубоководную зону. Подводный обитаемый аппарат «Аргус» дал возможность выполнить прямые наблюдения экологии фауны в районе островного склона на глубине от 30 до 600 м.

Экспедиция на судне «Профессор Водяницкий» Института биологии южных морей АН УССР выполняла исследования в Средиземном море. Здесь удалось собрать данные о вертикальной неоднородности многих групп планктона, о питании и подвижности животных, о содержании биологически активных веществ в планктоне и бентосе.

Институт термofизики и электрофизики АН ЭССР на судне «Аю-Даг» провел на Балтийском море три экспедиции по гидрофизической тематике. Исследовались физические явления синоптического масштаба, тонкая структура поля, оптические характеристики водных масс. Проведены работы, связанные с анализом закономерностей загрязнения вод Балтийского моря.

Рейс на судне «Профессор Колесников» Морского гидрофизического института АН УССР проходил в Черном и Средиземном морях. Экспедиция выполнила комплексные синхронные измерения с борта

судна и с самолета-лаборатории, которые дали информацию о свойствах водной среды, состоянии радиационных полей над ее поверхностью.

В Японском море работало судно «Профессор Богоров» Дальневосточного научного центра АН СССР. Здесь изучались закономерности образования и распространения фосфатов, структура осадочного чехла и литологический состав четвертичных отложений шельфа и материкового склона у берегов КНДР и в Прикорейской впадине. Обследована Восточно-Корейская возвышенность и желоб Кунсан.

Экспедиция на судах «Пегас» и «Морской геофизик» (Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт ДВНЦ АН СССР) исследовала морское дно, вещественный состав коренных пород дна, структуру осадочного чехла и характер тектонических нарушений, их взаимосвязь с естественными геофизическими полями в районе Средних и Южных Курильских островов.

«Академик Александр Виноградов» (Тихоокеанский океанологический институт ДВНЦ АН СССР) провел экспедицию в северо-западной части Тихого океана и в Южно-Китайском море. В задачи экспедиции входили исследования формирования структуры вод, статистических характеристик электромагнитных полей, индустрированных поверхностными волнами, течениями, турбулентностью и другими динамическими факторами в морской среде.

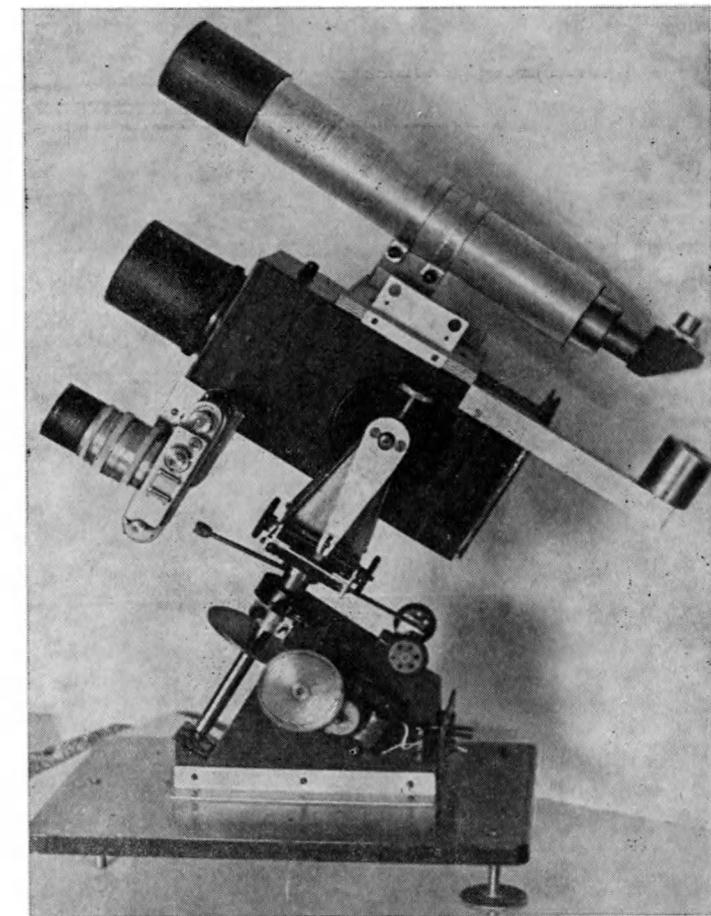
А. А. ГОНЧАРЕНКО



Астрограф с автоматическим гидированием

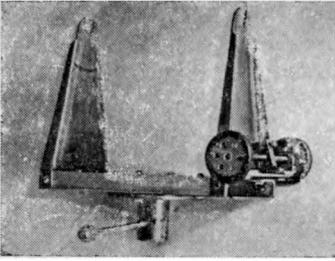
Астрофотография привлекает все большее число любителей астрономии. Обычно они фотографируют небо малоформатными камерами типа «Зенит» или «Зоркий». Конечно, такие фотокамеры хорошо приспособлены для съемки участков звездного неба, метеоров, серебристых облаков, поиска комет. Но, чтобы получить материал, имеющий большую научную ценность, целесообразнее использовать фотокамеры с длиннофокусными объективами — «Индустар-51» (фокусное расстояние 210 мм; светосила 1 : 4,5) или «Индустар-37» (300 мм; 1 : 4,5). Масштаб снимков, сделанных с этими объективами, в 4—6 раз крупнее, чем снимков, полученных на малоформатной камере. К тому же при одинаковой выдержке длиннофокусные объективы позволяют сфотографировать звезды на одну-две величины более слабые, чем короткофокусные. Однако использование длиннофокусных фотокамер ставит перед любителями астрономии сложную задачу: необходим точный часовой механизм для гидирования.

Автор статьи сконструировал длиннофокусный астрограф, который можно гидировать автоматически и вручную. Астрограф установлен на металлической плите массой 20 кг и размером 440×290×20 мм. Плита имеет три регулировочных винта. На ней с помощью двух

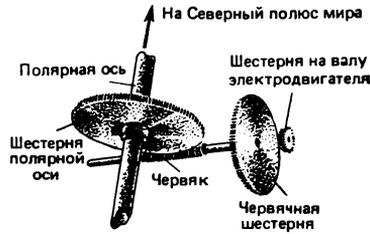


дюралюминиевых уголков крепится вертикально деревянная станина, изготовленная из доски толщиной 50 мм. На ее верхней поверхности — два среза: один под углом, равным широте места наблюдения, а второй под углом 90° к первому срезу. Над первым сре-

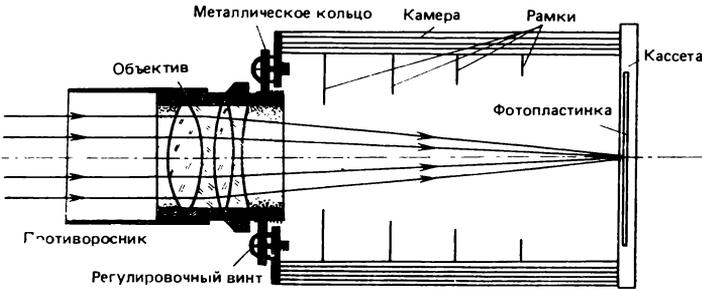
Астрограф, построенный автором статьи, состоит из самодельной длиннофокусной камеры с объективом «Индустар-37», малоформатной камеры с объективом «Юпитер-9» и гида — самодельного рефрактора с объективом диаметром 75 мм



Вилка астрографа, несущая полярную ось инструмента



Кинематическая схема часового привода астрографа



Устройство и ход лучей в самодельной фотокамере

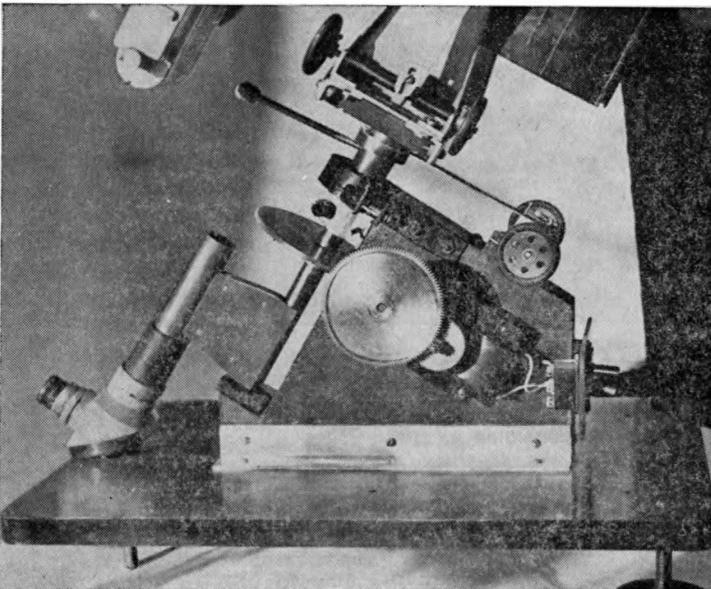
Внешний вид часового механизма и приспособление для наведения часовой оси на полюс мира

зом устанавливается полярная ось. Для плавности хода ось укреплена в подшипниках. На верхний, выступающий конец полярной оси надета муфта с вилкой. Муфту, снабженную зажимным винтом, можно из-

готовить из стали, меди или дюралюминия. Три винта соединяют муфту с основанием вилки. Оно сделано из 20-миллиметровой фанеры; по бокам основания прикреплены два дюралюминиевых уголка для прочности. Стойки вилки выполнены из мягкого железа толщиной 1,5 мм и имеют боковые отгибы для крепления. С основанием вилки стойки прочно скреплены винтами. В вилке установлена фотокамера с объективом «Индустар-37».

Фотокамера — это прочный светонепроницаемый ящик. Ее боковые стенки сделаны из 15-миллиметровой, а нижняя и верхняя стенки — из 10-миллиметровой фанеры. При изготовлении фотокамеры нужно добиться строгой параллельности передней стенки и кассеты. В передней стенке на регулируемых винтах укреплено кольцо с резьбой, в которое ввинчивается объектив. К торцам боковых стенок, в задней части фотокамеры шурупами присоединены дюралюминиевые полоски так, чтобы кассета с легким трением входила в камеру.

Внутри фотокамеры, покрытой черной матовой краской или тушью, установлены 3—4 рамки, чтобы не было засвечивания фотопластинки при отражении света от стенок. Рамки не должны закрывать свет, идущий от объектива. Снаружи, к боковым стенкам фотокамеры, крепятся металлические диски с осями, причем одна ось является как бы продолжением другой. Эти оси, точнее полуоси, выполняют функцию оси склонения и поэтому должны быть установлены очень точно. Они обязаны свободно, но без люфта входить в боковые вырезы вилки. Прежде чем начинать на фотокамере съемку звездного



неба, ее объектив следует тщательно установить на бесконечность.

Автоматическое гидирование астрографа осуществляет синхронный электродвигатель ДСД2-П1 мощностью 15 Вт, дающий 2 об/мин. Чтобы полярная ось делала один оборот в звездные сутки (23^h56^m), был использован редуктор, уменьшающий скорость вращения в 2872 раза. Для этого на вал редуктора электродвигателя надета 10-зубцовая шестерня от будильника, связанная с другой шестерней, имеющей 100 зубьев. Последняя помещена на червяк с шагом в 1 мм, который приводит во вращение шестерню, надетую на полярную ось и делающую один оборот в сутки. Разумеется, можно использовать редуктор и другой конструкции, лишь бы он сообщал полярной оси один оборот в сутки. В астрографе предусмотрено и ручное гидирование двумя микрометрическими винтами по часовому углу и склонению.

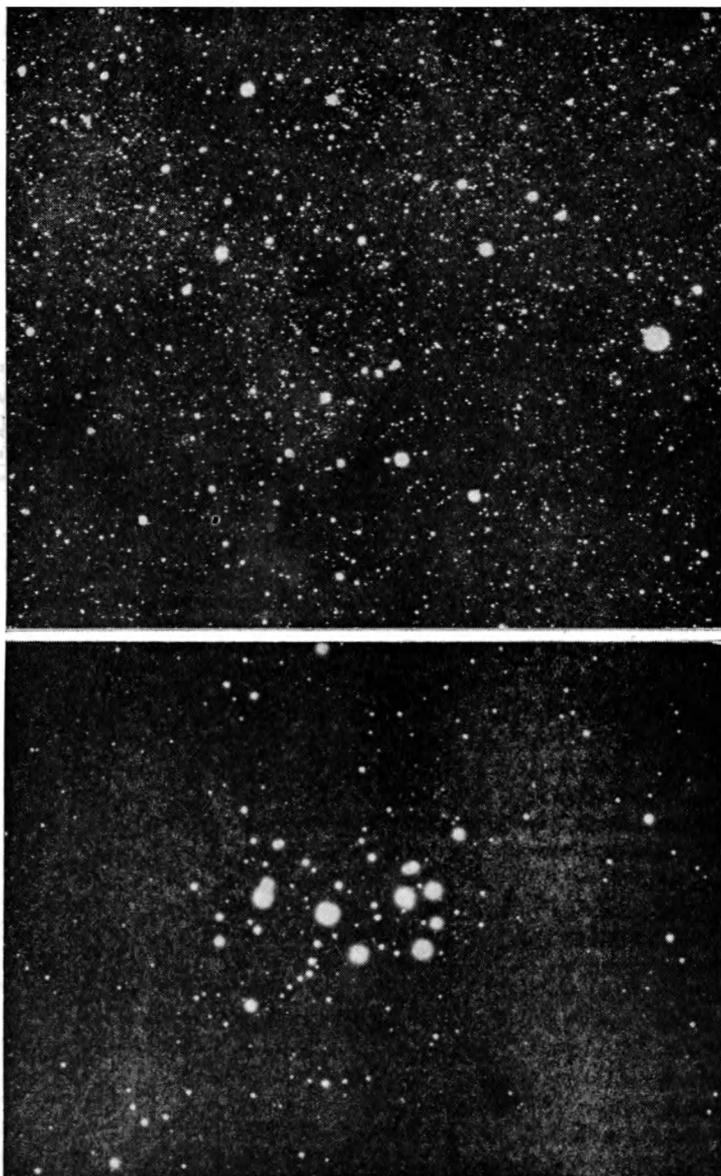
Гид астрографа — самодельный рефрактор с ахроматическим объективом от зрительной трубы: фокусное расстояние 470 мм, диаметр объектива 75 мм, увеличение $100\times$. Чем больше увеличение гида, тем точнее гидирование. На окулярном конце рефрактора помещена призма от бинокля, чтобы удобнее было вести наблюдение и гидирование. Непосредственно перед окуляром гида установлено картонное кольцо с крестом нитей. Прежде чем начинать гидирование, окуляр смещается с фокуса, и изображение звезды приобретает вид небольшого диска. Во время гидирования наблюдатель старается точно держать перекрестие нитей в центре этого диска.

Часовой механизм астрогра-

фа обычно 10—15 минут ведет фотокамеру почти безошибочно. И все же во время автоматического гидирования наблюдатель обязан постоянно следить за положением диска звезды на кресте нитей и в любой момент должен быть готов внести поправку в работу часового механизма. Если напряжение в сети силь-

Снимки звездного неба, полученные на самодельном астрографе.

Вверху — Млечный Путь в созвездии Лебедя (пластинки ZP3 ORWO чувствительностью 350 ед. ГОСТа, выдержка 20 минут); внизу — скопление Плеяды в созвездии Тельца (пластинка ZP3 ORWO чувствительностью 350 ед. ГОСТа, выдержка 24 минуты)



но меняется, рекомендуем использовать стабилизатор напряжения или регулировать работу часового механизма с помощью реостата либо микрометричного винта. Такие поправки приходится делать довольно часто. Лучше всего фотографировать небо от полуночи до 4—5 часов утра, когда напряжение в сети почти не изменяется.

Съемка выполняется на изохрохроматических фотопластинках чувствительностью 130—180 ед. ГОСТа или плоской фотопленке чувствительностью 250 ед. ГОСТа. Часто при фотосъемке звездного неба наряду с фотокамерой «Индустар-37» используется и малоформатная камера с объективом «Юпитер-9» (фокусное расстояние

85 мм; светосила 1 : 2), которая устанавливается параллельно основной камере. Чтобы часовая механизм вел равномерно всю установку при любом положении камер, астрограф необходимо хорошо отбалансировать. Для этого служит стержень с противовесом. Если астрограф используется как переносной, то требуется несложное приспособление для установки полярной оси на Северный полюс мира. Для этого параллельно полярной оси монтируется небольшая зрительная трубка с крестом нитей и увеличением в 10^x. Перекрестие нитей должно быть наведено на ту точку неба, где находится Северный полюс мира.

Фотоматериал, полученный таким астрографом, может быть

с успехом использован для создания фотографического атласа звездного неба со звездами до 12—13^m, а также для изучения переменных звезд. Поскольку во время съемки могут быть зафиксированы новая звезда или комета, то после фотографической обработки пластинка должна быть тщательно просмотрена. В заключение будет не лишним напомнить, что только точная фокусировка камеры, тщательное гидирование при использовании высокочувствительных материалов позволят получить хорошие фотографии звездного неба.

Вместо сферы — многогранник

Павильон для телескопа обычно имеет полусферический вращающийся купол. Построить такой купол непросто. Любителю астрономии гораздо легче сделать многогранный купол. Автор статьи предлагает модель купола в виде ромбокубоктаэдра, состоящего из 18 квадратных и 8 правильных треугольных граней. Отклонение точек поверхности этого многогранника от сферы не превышает 8% ее радиуса. Чтобы заменить полусферу, достаточно 13 квадратов и четырех треугольников.

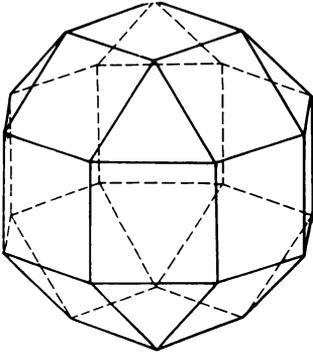
Внутренний диаметр купола (диаметр вписанной в многогранник сферы) в 2,4 раза больше длины ребра многогранни-

ка, поэтому при длине ребра 1,5 м диаметр купола составит 3,6 м. В трех смежных квадратных гранях купола делают прорез, через которую можно вести наблюдения светил на различных высотах над горизонтом вплоть до зенита.

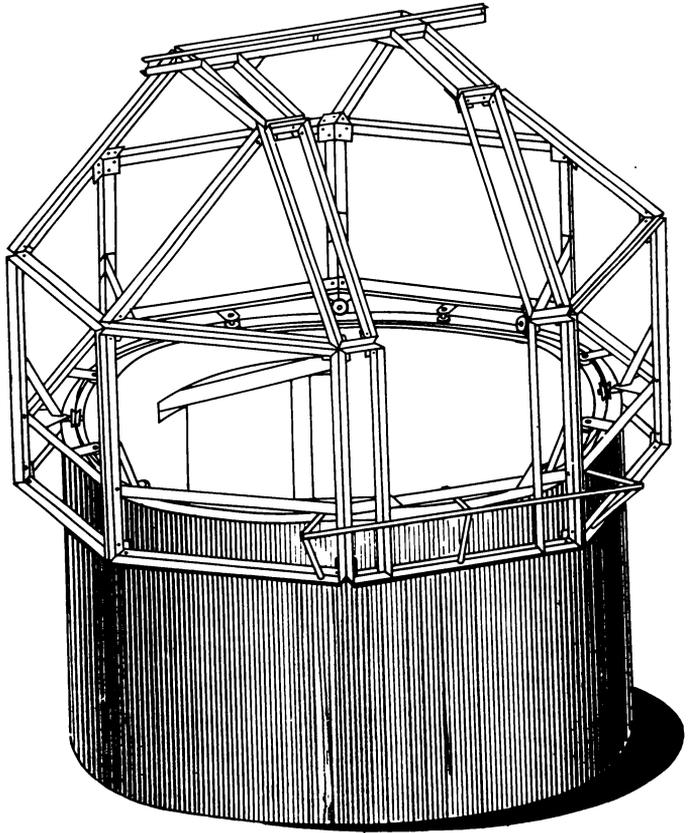
Каркас купола — металлический. Его квадратные и треугольные секции сварены из уголкового железа. Снаружи каркас можно обшить деревянными рейками, покрыть кровельным железом и покрасить алюминиевой краской. Смотровой люк купола закрывается двумя створками, раздвигающимися в стороны. Каждая створка имеет две пары колес, которые могут двигаться по ме-

таллическим рельсам. Один рельс установлен у основания купола, другой — за его вершиной, параллельно первому. Специальные ограничители не позволяют створкам сходить с рельсов. Створки небольших куполов можно открывать и закрывать с помощью шеста, на конце которого есть крючок. Нужно лишь в средней части створок прикрепить металлические ушки.

Нижняя цилиндрическая часть павильона выкладывается из кирпича или шлакоблоков. Телескоп, установленный в павильоне, не должен иметь общий фундамент со стенами, чтобы неизбежные при вращении купола вибрации не пере-

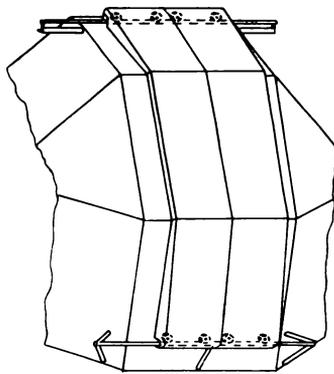
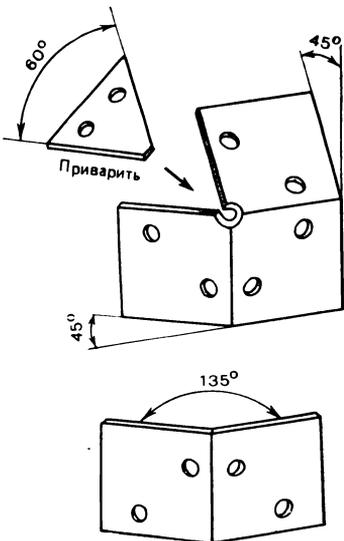


Ромбикубоктаэдр

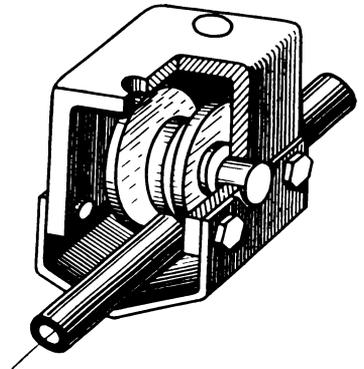


Многогранный купол с восьмиугольным основанием

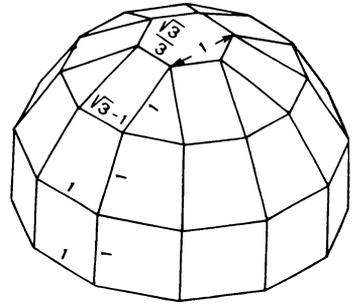
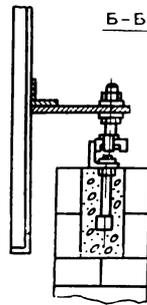
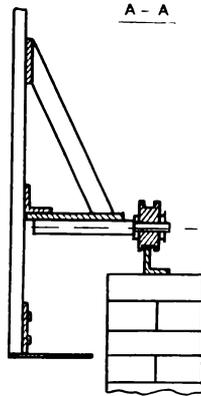
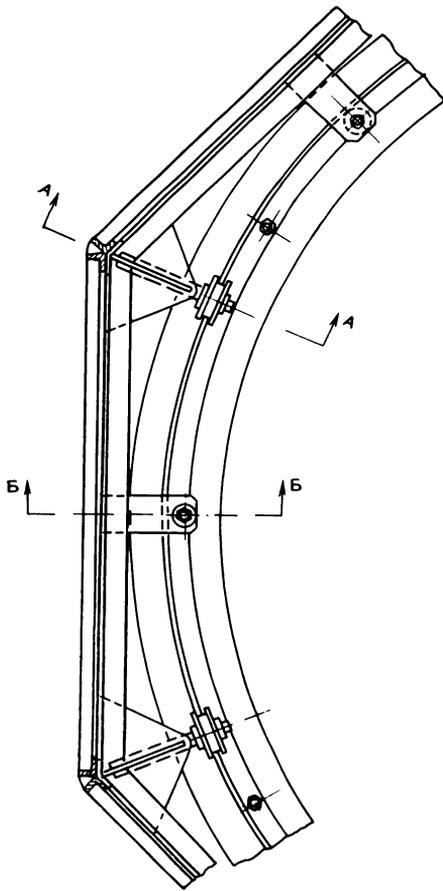
Чертеж металлических накладок для крепления каркаса многогранного купола



Устройство смотрового люка



Ограничитель раздвижной створки купола



Многогранный купол с двенадцатиугольным основанием. Указаны относительные размеры граней при условии, что сторона квадрата принята за 1

давались телескопу. Дверь в павильон делается с северной стороны.

Купол перемещается по кольцевому рельсу, который укреплен на верхней, строго горизонтальной поверхности стены. Кольцевой рельс можно изготовить из полосы уголкового или таврового железа. Согнуть полосу уголкового железа в кольцо нетрудно, если вдоль всей полосы на ее одной стороне сделать разрезы через 10—20 см. Правильность полученного кольца выверяют стержнем, длина которого равна диаметру кольца. Вдоль основания кольца нужно вы-

Способ крепления обоям с колесами, на которых вращается купол

сверлить 10—15 отверстий и закрепить в них болты длиной 15—20 см. Кольцо укладывают на стену павильона так, чтобы болты попали в заранее оставленные промежутки в кирпичной кладке. Затем болты заливаются бетоном. При этом рельс должен опираться на середину стены, а не на края.

С внутренней стороны купола по его периметру крепится металлический замкнутый вось-

миугольник. В каждом из его углов установлен кронштейн, к которому прикреплены обойма с колесами и упорный ролик, предотвращающий заклинивание купола при вращении. К восьмиугольнику крепятся скобы или ручки для вращения купола. Щель между куполом и стенами павильона прикрывается нижними частями квадратных граней купола.

Можно построить и многогранный купол, имеющий в горизонтальном и вертикальном сечениях не восьмиугольники, а двенадцатиугольники. Такой купол собирается из 37 граней в виде квадратов, трапеций, треугольников и шестиугольника. Сборка купола не вызовет особых затруднений, если все элементы его каркаса будут аккуратно изготовлены. Внутренний диаметр этого купола в 3,7 раза больше длины ребра квадратной грани.

Д. К. ВЕДЕРНИКОВ,
наладчик холодно-
штамповочного оборудования
(г. Златоуст)

Лев

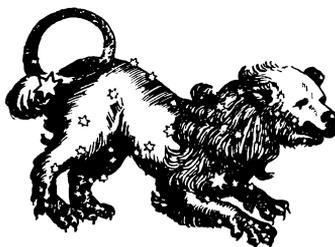
Летнее Солнце жжет немилосердно. «Кто же может быть столь могучим, чтобы в это время управлять свирепым Солнцем? — задавали себе вопрос древние египтяне и отвечали: — Конечно, лев».

В летнее время и вода была бесценным сокровищем. А кто ею мог владеть? Вне всякого сомнения — лев. Его даже называли «стражем вод». Всем известно старинное изображение льва, из пасти которого бьет водяная струя. И не случайно поэтому летнее Солнце находится среди звезд созвездия Льва — некогда обширного и наиболее заметного из двенадцати созвездий Зодиака.

Правда, в 243 году до н. э. небесный лев потерял великолепную кисточку, украшавшую его хвост. На этом месте появилось созвездие Волосы Вероники, названное в честь жены фараона Птолемея III Эвергета (Земля и Вселенная, 1979, № 2, с. 70.— Ред.). Иногда звезды, изображавшие голову и гриву льва, древние египтяне выделяли в отдельное созвездие — Египетский Нож, а в средние века и более позднее время эти звезды объединялись в созвездие Серп.

Древним грекам в созвездии Льва виделся свирепый Немейский лев — чудовищный хищник, порожденный Тифоном и Ехидной. Он опустошал Немейскую долину в Аргониде, пока Геракл не уничтожил его. Лев

Так в старину изображалось Созвездие Льва (сверху вниз): на египетском зодиаке в храме Исиды в Дендерах; в книге Сакробуста «Сфера мира» (1539 г.); в книге С. Любенецкого «Театр ноем» (1681 г.).



был неуязвим для стрел, поэтому древнегреческий герой заманил его в пещеру, где и удушил.

Иные образы связаны с этим созвездием у других народов: ассирийцы, к примеру, называли его Великий Огонь, копты — Лоб, древние германцы — Флаг. Небесный лев изображался на талисманах как символ здоровья (хотя, пока Солнце находилось в этом созвездии, всякое лечение, даже ванны, считалось вредным...).

Среди латинских названий созвездия — Звезды Клеона (Cleoposium Sidus), Звезды Бахуса (Bacchi Sidus), Эмблема Огня и Жары (Domicilium Solis), Лев Геркулеса (Herculeus Leo) и другие.

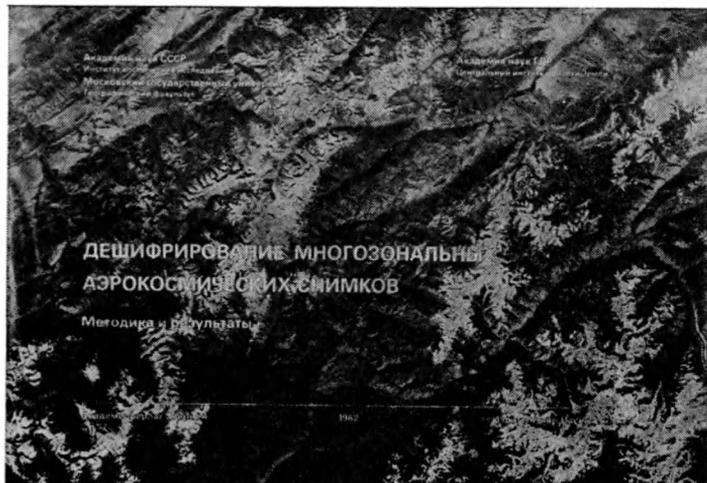


Атлас по космическому землеведению

В 1976 году на борту пилотируемого космического корабля «Союз-22» в ходе эксперимента «Радуга» космонавты СССР В. Ф. Быковский и В. В. Аксенов провели испытание многозональной космической фотокамеры МКФ-6 для съемки земной поверхности одновременно в шести зонах спектра (Земля и Вселенная, 1981, № 1, с. 74.—Ред.). Фотокамеру готовили специалисты СССР и ГДР. Параллельно создавался многозональный синтезирующий проектор МСП-4. Прибор этот предназначен для визуальной обработки многозональных аэро- и космических снимков. В нем синтезируется единое изображение из четырех зональных негативов или позитивов, кодируемое в условных или естественных цветах.

За восемь суток полета «Союза-22» было получено огромное количество многозональных снимков различных регионов нашей планеты. Задачи эксперимента «Радуга» были успешно решены, и камера МКФ-6 стала штатной аппаратурой для съемки земной поверхности с орбитальной станции «Салют» и с борта самолетов. Высокое качество и информативность снимков привлекли внимание различных специалистов.

В многочисленных публикациях приводятся примеры научного и практического использования космических



многозональных снимков для изучения крупных регионов нашей страны и стран СЭВ. Наиболее полно эти работы и их результаты отражены в одном из разделов книги «„Союз-22“ исследует Землю», изданной одновременно в СССР и в ГДР в 1980 году (Земля и Вселенная, 1981, № 1, с. 74.—Ред.).

Практическое использование снимков продолжалось, расширился круг потребителей этого вида информации, накапливался опыт ее обработки, дешифрирования и тематической интерпретации. Итогом работ этого направления, выполнявшихся учеными и специалистами географического факультета МГУ, Института космических исследований АН СССР и Центрального института физики Земли

АН ГДР, стало создание атласа «Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков. Методика и результаты». Выпущен он в 1982 году двумя издательствами: «Akademie Verlag» (Берлин) и «Наука» (Москва) сразу на трех языках — русском, немецком и английском.

Построен атлас по регионально-тематическому принципу, он отражает многообразие природных условий и природных объектов СССР и ГДР, физико-географические особенности их территорий, круг проблем и задач, связанных с изучением природных ресурсов, природоохранными и социально-экономическими исследованиями, а также возможности и способы их решения на качественно

новом уровне с применением многозональных аэрокосмических снимков. В целом это хорошо обоснованная система приемов дешифрирования многозональных снимков. На 14 цветных снимках атласа представлены районы северо-восточной части Каспийского моря, Южного Прибайкалья и Северного Предбайкалья, Центральной Якутии, юго-западного побережья Охотского моря, юго-восточного Казахстана, Средней Азии (предгорья, межгорные впадины и горные хребты), а также северная и центральная области ГДР. Атлас представляет собой набор цветных листов-плакатов размером 60×40 см, каждый из которых может использоваться отдельно как иллюстративный и справочный материал.

Атлас разбит на 14 разделов. Каждый раздел состоит из нескольких тематических листов (от 1 до 12), на первом — цветной снимок региона в масштабе 1 : 400 000, схема привязки к физико-географической карте и краткое описание природных особенностей. На других листах размещены схемы или тематические карты, они снабжены легендой и описанием результатов, полученных при визуальном дешифрировании многозональных снимков. Видны принципиальные преимущества в использовании новой информации, высокий экономический эффект, выражающийся в уменьшении стоимости и сокращении сроков создания подобных карт. Каждая такая специальная карта или схема снабжена отдельным листом атласа, отражающим методику дешифрирования при ее составлении. На этих листах весь процесс визуального дешифрирования разбит и препарирован на отдельные этапы, благодаря чему становятся более

доступными для практического использования индивидуальные приемы и искусство отдельных дешифровщиков, снижается степень субъективной оценки и интерпретации того или иного участка снимка. Физико-географические особенности региона, его народнохозяйственное значение и экономическая ориентация, а также степень изученности определяют тематику и набор составленных карт и схем.

Например, северо-восточная часть Каспийского моря стала объектом детального изучения специалистов различных отраслей, а это привело к созданию серии тематических карт и разработке специальной методики дешифрирования космических многозональных снимков. К ним относятся карты донного рельефа и донных отложений, подводной растительности и ландшафтов. На одной из них хорошо видны береговые линии разных лет, запечатлевшие стадии отступления берега с 1929 года, когда уровень моря начал особенно понижаться.

Особенности природы и хозяйства Байкальского региона тоже нашли отражение в серии составленных карт и схем. Это в первую очередь схемы сложного тектонического строения и рельефа, карты лесной растительности и горно-таежных ландшафтов, во многом уточнившие карты, созданные традиционными методами. По снимкам составлена схема распространения твердого стока в дельте реки Селенги.

На космических снимках Центральной Якутии — труднодоступного и потому слабо изученного района — хорошо проявились растительность, мерзлотные процессы и структура речной сети. Эта территория представлена большим набором тематических карт. Здесь учтены

состав и строение многолетне-мерзлых грунтов, распространение и температуры сезонно-многолетнемерзлых пород, типы сезонного оттаивания и промерзания пород, рельеф поймы реки Вилюй, лесная растительность.

Разделы атласа, относящиеся к другим регионам, позволяют исследовать рельеф берегов и динамику прибрежной зоны морей, растительность и ландшафты предгорных равнин и межгорных впадин, проводить физико-географическое районирование, составлять схемы сельскохозяйственного использования земель и размещения сельскохозяйственных культур, изучать геологическое строение и оледенение труднодоступных горных областей. Приведенными примерами не ограничивается круг задач, решаемых с использованием многозональных аэрокосмических снимков. Серия тематических карт и схем, методические приемы дешифрирования убеждают: применение этого вида информации перспективно, когда решаются задачи, не требующие регулярных оперативных съемок.

Атлас, несомненно, имеет большое научное и практическое значение. Это прекрасный дополнительный справочный материал по указанным регионам, который можно эффективно использовать для различных исследований и практических работ. Кроме того, атлас станет уникальным учебным пособием для студентов и специалистов, использующих многозональную видеoinформацию, позволит достаточно быстро овладеть существующими методическими приемами ее обработки и визуального дешифрирования, а также поможет найти пути и области ее применения.

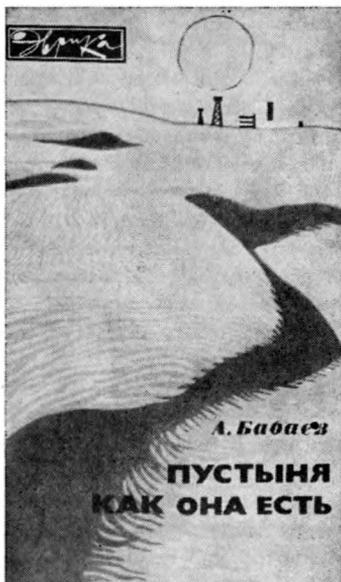


Рассказ о пустыне

В 1983 году в издательстве «Молодая гвардия» вторым изданием вышла книга президента АН СССР А. Г. Бабаева «Пустыня как она есть». Автор в форме беседы с читателем рассказывает о научном познании, природе и хозяйстве обширных засушливых территорий земного шара, занимающих 25% всей суши. Огромные пространства, которые могли бы прокормить сотни миллионов людей, не знают плуга земледельца.

Есть много определений понятия пустыни, но они расплывчаты и уязвимы, если исходить из критериев точности и количественных оценок. Говорят и пишут о показателях суммы выпадающих осадков, температурного режима и других климатических элементов. Единого общепринятого определения пустыни как географического феномена нет, хотя в общих чертах все хорошо представляют ее специфику, ландшафты, хозяйство, которое ведут ее жители — в прошлом кочевники-скотоводы.

А. Г. Бабаев в своей книге применил удачный способ изложения материала. Он вместе с нами как бы путешествует на космических аппаратах, с которых хорошо видно распространение на земном глобусе желтых пятен — засушливых областей мира. Автор обсуждает механизм их зарождения и существования.



Пустыня полна парадоксов: в иные годы безводья выгорает вся растительность, гибнут животные, люди со стадами скота уходят в поисках пастбищ. Но бывают и другие годы, когда пустыня расцветает яркой палитрой цветов.

Через всю книгу А. Г. Бабаева проходит главная тема: «человек и пустыня». Как люди жили в пустыне, как они используют природные богатства, борются со стихией, воздействуют на исходные ландшафты пустыни. Книга повествует и о борьбе с сыпучими песками, и о методах добычи и сохранения пресных вод (сбор атмосферных осадков,

опреснение минерализованных вод), и об орошении массивов, пригодных для земледелия, и, наконец, о полезных ископаемых. В арабских странах богатейшие месторождения нефти приурочены к пустыням. В пустынях нашей страны сформировались сырьевые базы для очагов разноотраслевой индустрии: газ Туркменистана и Узбекистана, нефть Казахстана и Туркменистана, медь и цветные металлы Казахстана, сера Туркменистана и, конечно, различные минеральные соли и строительные материалы, добывающиеся в пустыне. К числу больших народнохозяйственных проблем, связанных с пустынями, относятся и такие, которые, казалось бы, только косвенно затрагивают пустынные зоны. Например, как сохранить уровень Каспия при частичном использовании речного стока Волги для орошения засушливых, но потенциально плодородных степей Заволжья. Все больше тревожит ученых и судьба Аральского моря, посколькoу расход вод Амударьи и Сырдарьи на хозяйственные нужды уже привел к сокращению зеркала моря и понижению его уровня. А ведь вопрос интенсивного развития животноводства связан с освоением и обводнением новых пастбищ, ростом их кормовой продуктивности.

Автор знакомит читателей с исследованиями, которые про-

водили в пустыне такие ученые, как академики А. Е. Ферсман и Д. И. Щербаков, академики АН СССР М. П. Петров и Н. Т. Нечаева, член-корреспондент АН СССР Н. Н. Кунин и доктора географических наук С. Ю. Геллер и Б. А. Федорович.

В книге рассказывается о работах Института пустынь АН СССР в Ашхабаде, задача которого — комплексное изучение и освоение пустынных территорий Средней Азии и Казахстана. Институт этот является крупнейшим международным центром исследования аридных земель и борьбы с опустыниванием. Не случайно там проводились международные ассамблеи и симпозиумы, туда приезжали для знакомства с работами советских ученых специалисты из многих стран. Глава книги «Слово предостается науке» читается с большим интересом и убеждает читателя в том, что освоение пустынь требует вдумчивого, осторожного, а главное, комплексного подхода. А комплексный подход — по словам автора — это перекресток «многих научных направлений: от атомной физики до климатологии, от мелиорации до космонавтики».

Советские специалисты принимают участие в разработке глобальных программ, направленных на борьбу с опустыниванием. Наступление пустынь, полное трагизма, особенно ярко проявляется в некоторых странах Африки. Статистика утверждает, что в результате опустынивания сельское хозяйство мира ежегодно теряет 50—70 млн. га земли. Вот некоторые факты: Ливийская пустыня продвигает свою границу в сторону дельты Нила на 13 км в год, пустыня Тар на Индостане расширяется на

1 км в год, засуха в Сахеле привела к гибели миллионы домашних и диких животных и обрекла население на голод и болезни. В Чили пустыня Атакама ежегодно увеличивает свою площадь на 200 км².

И далеко не всегда причиной агрессивного продвижения пустыни и расширения ее площади бывают природные стихии. В основном — это результат бездумного отношения человека к эксплуатации естественных ресурсов. Перевыпас скота, хищническое истребление растительности для заготовок топлива приводят к движению песков, разрушению верхнего почвенного горизонта.

Специальная конференция в Найроби (Кения), в которой участвовали специалисты 100 стран, выработала мероприятия по борьбе с опустыниванием. В программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера» два проекта нацелены на борьбу с опустыниванием. Один из них координируется Институтом пустынь АН СССР, который привлек к работе более 50 научных и проектных организаций, разрабатывающих трудный вопрос: как не допустить нарушения экологического равновесия в результате производственной деятельности человека в засушливых областях.

Автор не скрывает своей заинтересованности, идет ли речь об отчленении залива Кара-Богаз-Гол от Каспийского моря, или о строительстве Каракумского канала, об изъятии вод из рек, протекающих через пустыни, или о развитии животноводства, строительстве промышленных предприятий, прокладке дорог. Пустыня ранима, нарушить исходное состояние ее природы при возможности современной техники несложно. Но сколько нуж-

но труда и времени, чтобы залечить нанесенные раны!

Хотелось бы отметить еще одну особенность книги. А. Г. Бабаев хорошо знает пустыню, он побывал во многих пустынях мира. Поэтому книга его насыщена интересными рассказами об археологии и истории, о людях, живущих в песках, народном гидротехническом опыте, вызывающем удивление, насколько жители пустынь понимают тонкие гидрологические закономерности, об опыте земледельцев, осваивающих пустынные земли и получающих хорошие урожаи, рассказами о борьбе с солями в почве и в воде, об использовании щедрого солнца пустыни — источника энергии, который не приносит вреда окружающей среде.

У меня есть несколько замечаний и поправок, которые следует учесть при переиздании книги. Так, на с. 66—68 рассказывается о странствиях унтер-офицера Федора Ефимова, плененного в казахских степях и проведшего в рабстве в Средней Азии много лет. На самом деле этого унтер-офицера звали Филиппом Ефремовым. Он жил в Хиве, Бухаре, побывал в Персии, Тибете и через Индию и Англию вернулся в Россию. Было это во второй половине XVIII века.

В целом книга содержит большой познавательный материал. Знакомство с ней позволит читателю прикоснуться к удивительному миру пустыни.



Доктор физико-математических наук
Л. И. МАТВЕЕНКО

Радиоволны о Вселенной

Бурное развитие современной астрофизики непосредственно связано с успехами радиоастрономии. Между тем первые радиоастрономические наблюдения датируются лишь 1931 годом. И если сравнивать с астрономией, отсчитавшей уже не одно тысячелетие, то можно сказать, что радиоастрономия едва достигла юношеского возраста. И ее удивительные открытия во многом определяются тем, что диапазон радиоволн гораздо шире оптического.

Книга известных советских ученых С. Я. Брауде и В. М. Конторовича «Радиоволны рассказывают о Вселенной» (Киев: Наукова думка, 1982) раскрывает перед читателем необычайное богатство окружающего нас мира, «видимого» через распахнутое «радиоокно». Для приема космических радиоволн созданы уникальные инструменты — радиотелескопы. В книге детально описаны и приведены фотографии различных радиотелескопов, отличающихся друг от друга по своему назначению, принципу действия и конструкции. На сантиметровых и миллиметровых волнах применяются радиотелескопы с зеркальными антеннами. Как правило, это — полноповоротные параболические зеркала, собирающие падающее на них излучение в фокальной точке. К таким инструментам относится 22-метровый радиотелес-



скоп Физического института АН СССР. Точность, с которой изготовлена поверхность его зеркала, настолько высока, что оно может работать как на сантиметровых, так и на миллиметровых волнах.

У некоторых радиотелескопов зеркала имеют простую сферическую форму. В этом случае прием сигнала с заданного направления осуществляется путем облучения — приема сигнала от определенного участка зеркала. Само же зеркало остается неподвижным и поэтому может быть сделано более точным при тех же размерах. Радиотелескоп в Аресибо имеет сферическое зеркало диаметром 300 м. Это зеркало смонтировано в естест-

венной карстовой воронке, и на него практически не влияют ветровые и температурные деформации. Для приема метровых и дециметровых волн используются антенные поля, состоящие из большого числа вибраторов, которые соединены синфазно между собой.

Одна из основных характеристик радиотелескопа — разрешающая сила. Как и в оптическом диапазоне, разрешающая сила радиотелескопа зависит от размеров зеркала и длины волны. Радиоволны в сотни тысяч раз длиннее оптических, и поэтому даже самые крупные радиотелескопы, чьи зеркала достигают десятков метров, имеют разрешение, не превышающее разрешение невооруженного глаза. Стремление повысить разрешающую силу привело к созданию инструментов с незаполненной апертурой, то есть инструментов, антенны которых заполняют занимаемую ими площадь лишь частично. Конфигурации таких антенн весьма разнообразны — кольцо, крест, Т- и У-образные. К этому классу антенн относится Т-образный радиотелескоп УТР-2, расположенный близ Харькова. Инструмент, в создании которого принимали участие авторы книги, успешно работает во всем диапазоне дециметровых волн. Читатель узнает из книги и о методе, дающем предельно возможное разрешение —

о сверхдальней радиоинтерферометрии. На радиоинтерферометре со сверхдлинной базой достигнуто угловое разрешение на несколько порядков выше, чем у лучших оптических инструментов (несколько десятков микросекунд дуги). Другой важной характеристикой радиотелескопа является его чувствительность. Высокая чувствительность современных радиотелескопов позволяет принимать сигналы от объектов, находящихся на расстоянии до 10 млрд. световых лет (10^{23} км). Такие расстояния оптическим телескопам не доступны.

Далее в книге рассказывается, как шло в радиодиапазоне «освоение» космического пространства. Уже первые относительно скромные радиотелескопы (по современным масштабам) позволили обнаружить на ближайшей к нам звезде — Солнце необычайно активные явления, сопровождающиеся выбросом ионизированного вещества и мощным радиоизлучением. За Солнцем последовало детальное изучение планеты. Если в видимом диапазоне планеты просто отражают солнечный свет, то в радиодиапазоне они излучают. У одних планет, например Меркурия, а также у Луны радиоизлучение генерируется их поверхностными слоями, у других, как, скажем, на Венере, — и поверхностью, и атмосферой. Мощное импульсное радиоизлучение наблюдается от некоторых активных областей Юпитера. Радиоастрономические результаты были подтверждены прямыми измерениями с бортов космических аппаратов. Не оставили без внимания авторы книги и радиолокационные исследования планет, Луны и Солнца.

От Солнечной системы авторы книги переходят к Галакти-

ке. Предоставив читателю возможность «радиовидения», они раскрыли перед ним панораму радионеба: ярко светящийся центр Галактики; ее спиральные рукава; многочисленные дискретные радиоисточники, в том числе — остатки взрывов сверхновых звезд, обширные газо-пылевые комплексы; включающие области образования звезд и планетных систем, пульсирующие с удивительным постоянством источники — пульсары.

В радиодиапазоне наблюдаются еще только зарождающиеся звезды, которые испускают мощное мазерное излучение в линиях водяного пара и гидроксила, и умирающие звезды, превращающиеся в нейтронные. Правда, никто не ожидал, что нейтронные звезды проявят себя как пульсары.

Богатейшей «лабораторией» для радиоастрономов стала Крабовидная туманность — остаток вспышки сверхновой 1054 года. Именно в ней был открыт принципиально новый вид космического излучения, наблюдавшийся ранее только в ускорителях, — синхротронное излучение.

Книга знакомит читателя и с внегалактическими радиоисточниками — радиогалактиками, квазарами, N-галактиками, лацертидами, с особенностями их радиоспектров. Сейчас на повестке дня стоит вопрос о природе галактических ядер. Что это — черные дыры или иные сверхкомпактные образования? В книге рассматриваются пути образования ядер, механизм их радиоизлучения.

В заключительной главе обсуждаются вопросы космологии. Радиоастрономия внесла решающий вклад в утверждение теории горячей Вселенной. Именно в радиодиапазоне было обнаружено реликтовое излу-

чение, сохранившееся с тех далеких времен, когда вещество расширяющейся Вселенной представляло собой водородогелиевую плазму. По мере расширения оно охлаждалось, и в настоящее время температура реликтового излучения всего лишь 3 К. Из этого вещества в результате гравитационной неустойчивости формировались ядра, а затем и сами галактики. Наблюдая радиоисточники, удаленные на огромные расстояния, радиоастрономы могут «видеть» их на разных этапах эволюции и благодаря этому проследить весь процесс формирования галактик.

Мы весьма схематично обрисовали круг проблем, затронутых в книге С. Я. Брауде и В. М. Конторовича. Они наглядно, но и достаточно строго изложили сложнейшие астрофизические вопросы. Читатели, интересующиеся радиоастрономией, найдут для себя много полезного в этой книге.



«Внутреннее строение Земли и планет»

Чем определяется популярность книги? И что это такое — научно-популярная книга? Книга, рассчитанная на неспециалиста? Но каждый из нас может считать себя специалистом лишь в весьма ограниченной области. Книга, предполагающая «низкий» начальный уровень знаний? Но в любой хорошей книге, если тема не очень узка, изложение начинается «с азов». Книга, не содержащая доказательств? Но в настоящей научно-популярной книге обязательно описаны идеи доказательств, а в хорошей научно-популярной обычно рассказывается и о трудностях, с которыми сталкиваются исследователи. Книга, не содержащая формул? Вероятно, и это не так, поскольку есть математические монографии без формул и популярные книги, в которых формулы естественны и не вызывают у читателя затруднений.

Складывается впечатление, что единственное подлинное отличие научно-популярной книги от просто научной состоит в том, что у научно-популярной книги нет «обязательного» читателя. Никому не возбраняется ее не читать (равно как и читать, разумеется). И если такую книгу все-таки читают, — значит, автору удалось написать действительно научно-популярную книгу.

По такому критерию книга



В. Н. Жаркова «Внутреннее строение Земли и планет» (изд. 2, исправленное и дополненное. М.: Наука, 1983) безусловно — научно-популярная. Это — своеобразная энциклопедия. Круг вопросов, рассматриваемых в ней, очень велик. Чтобы показать это, достаточно перечислить названия глав: «Часть первая. Строение твердой Земли: сейсмология; гравиметрия; собственные колебания Земли; магнетизм и электропроводность Земли; геотермика; исследование геофизических материалов при высоких давлениях; модели внутреннего строения Земли; тектоника плит»; «Часть вторая. Строение планет и Луны: строение пла-

нет земной группы; внутреннее строение планет-гигантов; внутреннее строение Луны».

Существенно, что в разработку этих проблем автор внес весомый вклад и книга написана с глубоким проникновением в физику явлений. Книга в хорошем смысле слова увлекательна. В ней нет «оживляющих» рисунков и анекдотов, но вы с интересом следите за развитием представлений о строении земных недр, а написанная для второго издания глава «Тектоника плит» вскрывает, пожалуй, наиболее существенную черту современного развития этой области науки — переход от статических моделей внутреннего строения Земли к динамическим.

Разумеется, книга не лишена и недостатков. Так, рецензенту показалось несколько скомканным изложение вопроса об изостазии, едва ли можно признать удачным параграф о картировании земной поверхности, во второй части книги не нашли отражения некоторые новые работы по внутреннему строению планет, за кругом внимания автора осталась проблема изменения широт и движения полюсов.

Тем не менее книга талантливо и достаточно полно решает задачу, поставленную перед собой автором: познакомить читателя с основами физики внутреннего строения Земли и планет.



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

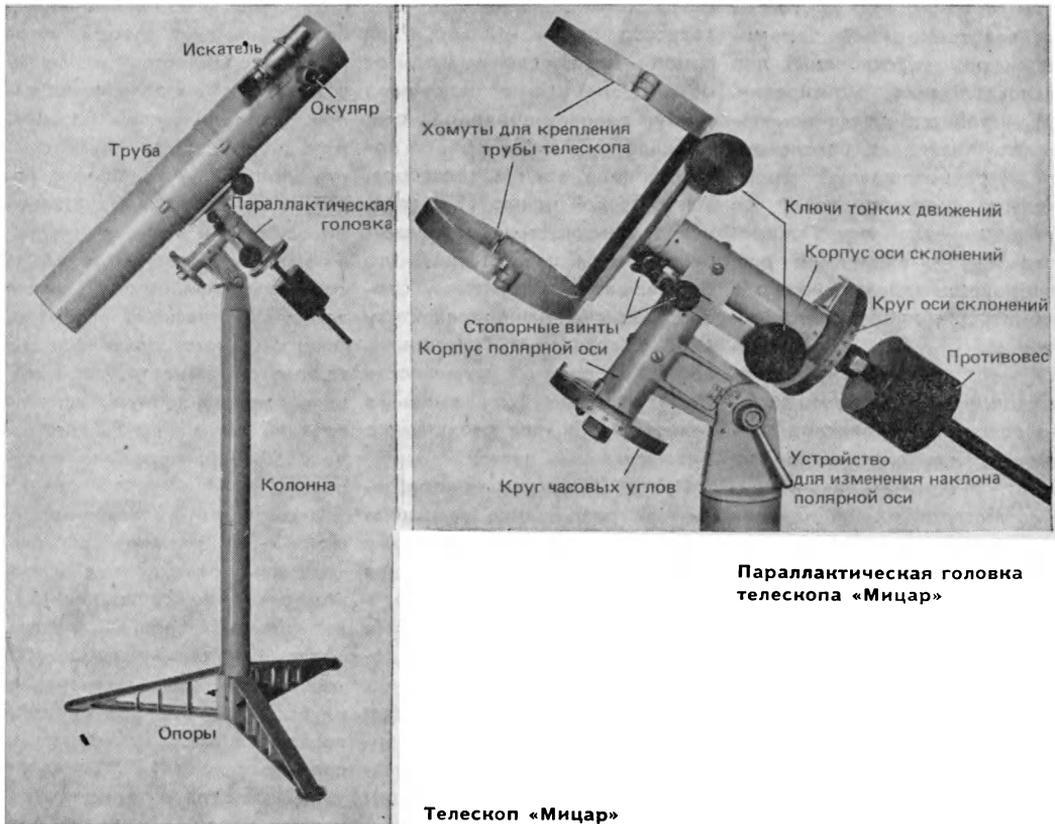
В 1981 году журнал рассказал о телескопе «Алькор», который выпускает для любителей астрономии Новосибирский приборостроительный завод имени В. И. Ленина (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 73). Здесь же сообщалось, что начата разработка конструкции более совершенного любительского телескопа «Мицар». Выполняя просьбу читателей И. Б. Адин-

скова (г. Саратов), П. Г. Валынца (г. Владивосток), С. В. Волкова (г. Дудинка), В. Ключника (г. Полтава), Л. М. Корякина (пос. Подосиновки, Кировская обл.), И. А. Кулькова (г. Красноармейск), Ю. Г. Никитина (г. Тула), А. Ю. Румянцева (г. Сатка), Н. Н. Худякова (з/с Новорыбинский, Целиноградская обл.), о новом телескопе рассказывает Л. Л. СИКОРУК, работавший над его созданием вместе с инженером Н. К. Безносиковой и Н. И. Крысовой.

Телескоп «Мицар», как и «Алькор», — рефлектор системы Ньютона. Его главное зеркало имеет диаметр 110 мм и фокусное расстояние 800 мм. Два окуляра — симметричный с фокусным расстоянием 25 мм и

Кёльнера с фокусным расстоянием 15 мм — вместе с ахроматизированной линзой Барлоу дают увеличения: 32, 54, 96, 170 \times . Этим увеличениям соответствуют диаметры выходного зрачка 3,4; 2,0; 1,1; 0,65 мм и поля зрения 1,5 $^\circ$, 50', 28 и 16'. При минимальном увеличении в поле зрения «Мицара» помещается та часть туманности Андромеды (M 31), которую мы видим на большинстве фотографий, а при максимальном увеличении — лишь половина видимого диаметра Луны.

Труба телескопа — алюминиевая диаметром 130 мм. Главное зеркало установлено в юстируемой оправе. Плоское зеркало также смонтировано в юстируемой оправе, которая установлена в трубе на четырех растяжках. Окуляры и лин-



Параллактическая головка телескопа «Мицар»

Телескоп «Мицар»

за Барлоу помещаются в фокусирующую трубку. Перемещая ее с помощью кремальерного устройства, наблюдатель добивается хорошей фокусировки изображения.

Чтобы облегчить поиск небесных объектов, телескоп снабжен искателем. Это — 6-кратная труба Кеплера с 30-миллиметровым ахроматизированным объективом и окуляром Кельнера. Поле зрения искателя 8°. Искатель установлен параллельно трубе телескопа в двух кольцах и юстируется шестью винтами.

Монтировка телескопа немецкая. Полярная ось может располагаться под различными углами к горизонту, в зависимости от широты места наблюдения. Пределы изменения углов наклона от 30 до 65°.

Ось склонений на одном конце несет трубу, а на другом — противовес, который перемещается по оси склонений для уравнивания монтировки. Труба крепится двумя хомутами, что позволяет балансировать (уравнивать) трубу простым перемещением ее вдоль оптической оси. Поворачивая трубу вокруг ее оси, можно устанавливать окуляр в удобное для наблюдателя положение.

Обе оси монтировки снабжены стопорными винтами, которые закрепляют телескоп после того, как он наведен на объект. Микрометренные винты служат для тонкой наводки инструмента.

На слабые объекты, невидимые в искатель, телескоп наводится по координатным кругам. Правда, чтобы пользоваться кругом часовых углов, наблюдатель должен разбираться в некоторых вопросах практической астрономии и знать звездное время в момент наблюдения. Но можно посту-



Принадлежности к телескопу

пать, как поступал автор заметки во время полевых испытаний телескопа. Инструмент точно устанавливался по склонению объекта и закреплялся на оси склонений. Полярная ось была откреплена. Направив телескоп приблизительно в тот район неба, где находится объект, и слегка покачивая трубу вокруг полярной оси, добиваемся, чтобы объект попал в поле зрения телескопа. Августовской ночью 1982 года, когда невооруженным глазом были видны звезды лишь до 5-й величины, автор таким способом легко нашел галактику М 33 в созвездии Треугольника и Крабовидную туманность (М 1), которые были видны в телескоп как едва различимые бесформенные пятна.

Полевые испытания показали, что разрешение телескопа соответствует теоретическому 1,3". Высокая разрешающая способность и высокий контраст изображения позволяют с успехом наблюдать многие детали на поверхностях планет. В начале мая 1982 года автор наблюдал на поверхности Марса «моря», хотя видимые размеры планеты в этот момент не превышали 13". Для на-

блюдений Луны и планет в комплекте телескопа имеются светофильтры — красный, желтый, зеленый, голубой, 4-кратный серый («лунный») и «черный» («солнечный»).

Можно наблюдать Солнце, проецируя его изображение на экран. Экран устанавливается на оси склонений с таким расчетом, чтобы изображение падало на лист бумаги, который прикрепляется к экрану с помощью металлических лапок. Но если нужно рассмотреть в деталях строение пятна, его полутени, факельных полей, а при хорошем состоянии атмосферы и грануляцию, наблюдать следует в окуляр с солнечным фильтром. Главное зеркало телескопа собирает слишком много солнечного света, поэтому фильтр, перегревшись, может лопнуть, если на верхний конец трубы не надеть 50-миллиметровую диафрагму.

Несмотря на относительно скромный размер зеркала, «Мицар» показывает в шаровом звездном скоплении М 13 не только «звездный туман», который виден в большинстве телескопов такого размера, но и десяток — полтора десятка звезд-гигантов. Проникающая сила телескопа 12^м. Всех, кто уже наблюдал в телескоп, поражает хорошее качество изо-

бражения. Оно определяется прежде всего выбором оптической системы, свободной от хроматизма и сферической аберрации.

На телескопе «Мицар» возможны фотографические наблюдения небесных объектов. На оси склонений со стороны противовеса на специальной площадке крепится любая малоформатная фотокамера. Те-

лескоп в этом случае служит гидом, для чего в поле зрения 15-миллиметрового окуляра устанавливается перекрестие нитей. На площадке могут крепиться аппараты «Зенит» со своими штатными объективами, а также с широкоугольными и длиннофокусными объективами типа «Мир-1», «Юпитер-9», «Таир-11», «Юпитер-11», «Юпитер-6».

Многих читателей журнала интересует, где можно купить «Мицар». Телескоп поступил в магазины Роскультторга в начале 1984 года. Цена телескопа 250 рублей. С заявками на телескоп «Мицар» и «Алькор» следует обращаться на местные базы Роскультторга и Посылторга.



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

«В книге И. А. Климишина „Астрономия наших дней“ я прочитал, что крупнейший из известных метеоритов находится на месте падения в пустыне Адрар (Западная Африка), его вес оценивается в 100 000 т. Метеорит Гоба в этой книге назван вторым. В книге Б. А. Воронцова-Вельяминова „Очерки о Вселенной“ того же, 1980 года издания, читаю: „Самый большой из известных метеоритов откопан в местности Гоба в юго-западной Африке, где он находится и донине, так как имеет массу 60 тонн и его мудро сдвинуть с места“. Об Адраровском метеорите ни слова. Какой книге верить?»

А. ПОСКОНИН
г. Уфа

По просьбе редакции на вопрос читателя отвечает старший научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии АН СССР И. Т. ЗОТКИН.

Метеорит Гоба достаточно хорошо изучен. Его образцы

есть во многих метеоритных коллекциях. Основная же масса по сей день находится там, где была обнаружена,— близ городка Гротфонтейн в Намибии. Метеорит представляет собой заглубленную в землю, сильно корродированную, почти квадратную плиту размером 295×285 см и толщиной 120—55 см. Масса метеорита Гоба оценивается примерно в 50—60 т.

Сведения о метеорите Адрар менее определены. В метеоритных каталогах он чаще фигурирует под названием Шингетти, а наименование Адрар считается синонимом.

В 1916, а по другим данным — в 1920 году известный французский минералог, академик и путешественник А. Ф. Лакруа (1863—1948) доставил в Музей натуральной истории в Париже экземпляр железокремнистого метеорита массой 3,9 кг. Он был найден в безлюдной пустыне Адрар (Мавритания) в 45 км от поселка Шингетти. Метеорит и в настоящее время находится в Париже.

Однако в записях Лакруа имеется интригующее указание, что образец — лишь часть большой массы, общие размеры которой просто ошеломляю-

щие: 100 м в длину и 45 м в высоту! В 1920 году подобные числа не казались несурьезными. Потом о размерах метеорита забыли, а когда в послевоенное время вспомнили, проверить сообщение об уникальном метеорите оказалось уже затруднительно — метеорит путешественникам больше не попадался.

Нельзя сказать, чтобы геологи совсем не интересовались районом падения метеорита Адрар. Приблизительно в тех же местах они обнаружили круглые кратероподобные депрессии, одна из которых — Аулул — имеет поперечник 250 м, другие — Ришат и Теминишат — поменьше. Многие геологи считают их метеоритными кратерами. Там же находили и куски силика-гласа — переплавленного в стеклянную массу кварцевого песка. Подобное вещество может образовываться при ударных взрывах.

Проводились и чисто теоретические исследования возможности сравнительно мягкого приземления столь крупного и массивного космического объекта. Согласно расчетам, 100-метровый метеорит имеет некоторые шансы остаться в целости при падении, если его скорость и угол входа в атмос-

феру будут минимальными. Но легендой. Правда, известные метеоритоведы Т. Моно и Л. Спенсер допускали, что невольным ры в своем сообщении, возможно, ошибся, написав «метры» вместо «сантиметров»...

Таким образом, существование гигантского метеорита в пустыне Адрар пока остается автором сенсации мог быть сам почтенный академик Альфред Франсуа Лакруа, кото-

Лунные кратеры — у нас дома

Этот снимок сделан не с борта космической станции и не с помощью крупного телескопа. Поперечники кратеров, запечатленных на фотографии, измеряются не десятками и сотнями километров, а всего... несколькими миллиметрами. Вероятно, только специалист по физике планет определит, что перед ним не поверхность Луны, Меркурия или одного из спутников планет-гигантов, а лишь модель планетной поверхности. Получить ее нетрудно: комочки обыкновенного цемента сбрасываются с определенной высоты на такой же цемент, предварительно насыпанный тонким слоем и слегка уплотненный. Поразительное сходство «цементных» микрократеров с реальными кратерами на поверхностях планет — одно из доказательств ударного происхождения кольцевых структур на планетах.

Конечно, этот способ получения микрократеров не нов — более 60 лет назад его применял известный ученый и исследователь Арктики А. Вегенер (Земля и Вселенная, 1980, № 6, с. 42.— *Ред.*), а в 50-е годы серию опытов провел советский любитель астрономии инженер П. Ф. Сабанеев. Но в наше время любитель астрономии вряд ли сумеет отыскать и прочесть книгу А. Вегенера «Происхождение Луны и ее кратеров», изданную в СССР в 1923 году, а также работы П. Ф. Сабанеева, печатавшиеся небольшим тиражом в «Бюллетене ВАГО». Поэтому автор надеется, что его опыты заинтересуют других любителей астрономии.

Используя этот метод моделирования, можно воссоздать в кратерах центральные горки, а также образования типа лунного кратера Варгентин,



наполненные веществом до краев и имеющие вид столовой горы.

Микрократеры сфотографированы камерой «Зенит TTL» с объективом «Юпитер-9» и приставкой для макросъемки ПЭФ; освещение — фотовспышкой «Чайка» с импульсной лампой ИФК-120. Чтобы имитировать освещенность лунной

поверхности вблизи терминатора, лампа устанавливалась на расстоянии 50 см от модели под очень малым углом к ее «горизонту». Расстояние от объектива до модели примерно 35 см, пленка 65 ед. ГОСТа, диафрагма 5,6, выдержка 1/30 с.

В. В. ГРИШИН
г. Балабаново Калужской области

Земля и Вселенная

• МАЙ • ИЮНЬ • 3/84

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

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

Художественный редактор Л. Я. Шимкина

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

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

Первую страницу обложки (к ст. Ю. Н. Ефремова) оформил А. Ковалев, четвертую страницу (к ст. Б. В. Волостных) оформила Л. Шимкина

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. ДВСЮК
Доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ
Кандидат физико-математических наук
В. А. БРОНШТЭН
Доктор юридических наук
В. С. ВЕРЕЩЕТИН
Кандидат технических наук
Ю. Н. ГЛАЗКОВ
Доктор технических наук
А. А. ИЗOTOB
Доктор физико-математических наук
И. А. КЛИМИШИН
Доктор физико-математических наук
Б. Ю. ЛЕВИН
Кандидат физико-математических наук
Г. А. ЛЕЙКИН
Доктор физико-математических наук
Л. И. МАТВЕЕНКО
Доктор физико-математических наук
А. В. НИКОЛАЕВ
Доктор физико-математических наук
И. Д. НОВИКОВ
Доктор физико-математических наук
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ
Доктор физико-математических наук
Г. Н. ПЕТРОВА
Доктор физико-математических наук
М. А. ПЕТРОСЯНЦ
Доктор геолого-минералогических наук
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
Ю. А. РЯБОВ
Кандидат технических наук
Г. М. ТАМКОВИЧ
Доктор физико-математических наук
Г. М. ТОВМАСЯН
Доктор технических наук
К. П. ФЕОКТИСТОВ

Сдано в набор 18.02.84. Подписано к печати 16.04.84. Т-09123.
Формат бумаги 70×100^{1/16}. Высокая печать
Усл.-печ. л. 9,03. Уч.-изд. л. 12,0. Усл. кр.-отт. 464,9 тыс. Бум. л. 3,5
Тираж 41 250 экз. Заказ 3695. Цена 65 коп.

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

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

