

2 ¹⁹⁷⁵ **ЗЕМЛЯ
И
ВСЕЛЕННАЯ**

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·



1945
1975

Тридцатилетие великой Победы

Советский народ и его доблестные Вооруженные Силы под руководством Коммунистической партии нанесли сокрушительное поражение гитлеровской Германии и ее сателлитам, отстояли свободу и независимость социалистического Отечества, осуществили великую освободительную миссию, с честью выполнили свой интернациональный долг. Наша страна стала главной силой, преградившей путь германскому фашизму к мировому господству, вынесла на своих плечах основную тяжесть войны и сыграла решающую роль в разгроме гитлеровской Германии, а затем и милитаристской Японии.

Победа над фашизмом явилась всемирно-историческим событием и оказала глубочайшее воздействие на весь ход мирового развития. Она показала, что социализм — самый надежный оплот дела мира, демократии и социалистического прогресса.

Победа Советского Союза в Великой Отечественной войне убедительно доказала жизнеспособность и несокрушимость первого в мире социалистического государства. Она явилась торжеством рожденного Октябрем нового общественного и государственного строя, социалистической экономики, идеологии марксизма-ленинизма, морально-политического единства советского общества, нерушимой дружбы народов СССР. Главным творцом этой победы был советский народ, свершивший подвиг, равному которому еще не знала история.

Вот уже три десятилетия советский народ пользуется плодами мира. Залечив раны, нанесенные войной, он добился выдающихся успехов в коммунистическом строительстве. Крупным шагом на этом пути является претворение в жизнь исторических решений XXIV съезда КПСС. В героических свершениях трудящихся нашей страны по выполнению задач девятой пятилетки проявляются их высокая сознательность, горячий патриотизм и преданность идеалам коммунизма, за торжество которых в годы Великой Отечественной войны с беспримерным мужеством сражались миллионы советских людей.

30-летие Победы над немецко-фашистскими захватчиками — выдающееся политическое событие в жизни советского народа, всего прогрессивного человечества.

День 9 Мая 1975 года — всенародный праздник трудящихся Советского Союза.

(Из Постановления ЦК КПСС «О 30-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941—1945 годов»)

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

2 МАРТ
АПРЕЛЬ
1975

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

В. И. Севастьянов — Космос — людям XX века	5
А. И. Лазарев, А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов — Зори в космосе	9
Л. С. Хачатурьянц — Международная орбитальная лаборатория	14
Н. Н. Крупенин — Радиолокация Луны с космических аппаратов	21
В. Н. Курильчик — Кометообразные радиогалактики	29
Т. А. Лозинская — Петли галактического радиоизлучения	33
Т. Х. Геохланян — Стратосфера	38
А. Х. Хргиан, В. М. Березин, Н. Ф. Еланский, Г. И. Кузнецов, Н. П. Петренко — Озон как индикатор атмосферных процессов	47
О. К. Леонтьев — Дно океана	53

ЭКСПЕДИЦИИ

А. И. Еремеева — И снова «...за туманом и за запахом тайги»	63
В. М. Гринберг — Три месяца на экваторе	69
В. С. Латун — «Академик Вернадский» в порту Сукре	74

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

Я. Эйнасто, М. Йывээр — Развитие теории эволюции звезд	77
А. Н. Устинских — На родине Русанова	81

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

И. Т. Зоткин — Страничка наблюдателей метеоров	84
С. Р. Измайлов, В. П. Васильев — Инфракрасные снимки Солнца	86
С. Я. Гречко — Юношеская обсерватория	86

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

Д. В. Супонин, М. А. Мильхикер — Мемориальный Дом-музей академика С. П. Королева	89
--	----

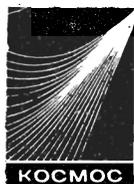
КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

В. Л. Цуриков — Новая популярная книга о льдах в море	91
---	----

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	94
---------------------------------------	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Работа космонавтов А. А. Губарева и Г. М. Гречко на станции «Салют-4» [2]; Тринадцатый спутник Юпитера [13]; Неоновая атмосфера Плутона [13]; Падение метеорита в Нигерии [13]; Письма в редакцию [32]; Второй пролет «Маринера-10» вблизи Меркурия [36]; Погода и вредные примеси в городском воздухе [52]; Электронные машины для метеорологических прогнозов [52]; Изменение скорости вращения Земли [61]; На околосолнечной орбите «Гелиос-1» [61]; Торнадо в 1974 году [76]; Планета Зоя [88]; Уникальный сель в Хибинах [89]; Новые книги [92]; В конце номера [96].



Работа космонавтов А. А. Губарева и Г. М. Гречко на станции «Салют-4»

12 января 1975 года после успешной стыковки транспортного корабля «Союз-17», пилотируемого экипажем в составе командира корабля подполковника Алексея Александровича Губарева и бортинженера кандидата технических наук Георгия Михайловича Гречко, с орбитальной станцией «Салют-4» в околоземном космическом пространстве начала функционировать новая советская научная пилотируемая станция. В первые дни работы экипаж выполнил расконсервацию станции и проверил бортовые системы и научную аппаратуру.

Третий рабочий день был посвящен медицинским экспериментам. Для определения и прогнозирования состояния и работоспособности сердечно-сосудистой системы космонавтов использовалась многофункциональная клиническая аппаратура. Медицинские исследования предусматривали также эксперименты, в которых космонавты применяли вакуумные костюмы, позволяющие создавать отрицательное давление на нижнюю часть тела.

Освоившись с невесомостью, космонавты приступили к выполнению научной и технической программы. Они занимались отработкой методов автономной навигации, используя новые приборы для ориентации станции по Солнцу, Луне, планетам и Земле. Начались генетические, эмбриологические, физиологические и биолого-технические исследования с насекомыми, микроорганизмами, культурой ткани, высшими растениями.

В ходе пятого рабочего дня осуществляли эксперименты по изучению физической природы активных процессов на Солнце. Проводились проб-

ные включения солнечного телескопа и получены первые результаты работы спектрографа одного из бортовых рентгеновских телескопов. По программе геофизических исследований космонавты измеряли температуру верхней атмосферы Земли, а также характеристики нейтрального газа и плазмы. Продолжались и ранее начатые медицинские эксперименты.

Медико-биологическим исследованиям был в основном посвящен очередной рабочий день экипажа. Космонавты провели тренировку с использованием велоэргометра и «бегущей» дорожки, провели сеанс электростимуляции мышц. Товарищи Губарев и Гречко контролировали состояние системы для выращивания высших растений. Выполнялись и некоторые другие биологические эксперименты. Например, в питательную среду вводилась хлорелла.

Вторая неделя работы космонавтов началась с полного электрокардиографического обследования, были взяты пробы крови космонавтов для последующего лабораторного анализа на Земле. На вращающемся кресле изучалась вестибулярная реакция организма. Космонавты обрабатывали систему автономной навигации. Эта система, в которую входит бортовая вычислительная машина, включена в состав постоянной действующей бортовой аппаратуры орбитальной станции.

Восьмой и девятый рабочие дни космонавтов были насыщены научно-техническими исследованиями и экспериментами: исследованием с помощью рентгеновских телескопов остатка Сверхновой в созвездии Парусов и нескольких источников рент-

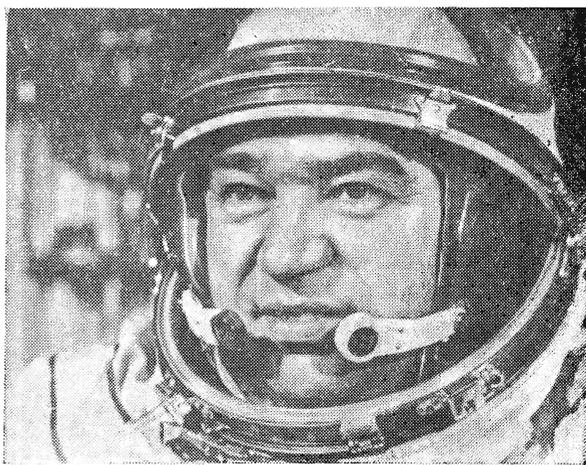
геновского излучения; исследованием с помощью бортового инфракрасного телескопа-спектрометра излучения нашей планеты; продолжалась отработка средств и методов автономной навигации.

Во время двух последующих дней космонавты А. А. Губарев и Г. М. Гречко измеряли параметры верхней атмосферы Земли, проводили исследование ультрафиолетового излучения Солнца, обрабатывали средства космической навигации, изучали влияние невесомости на распределение крови в организме.

Несколько следующих рабочих дней космонавты продолжали астрофизические и биологические исследования: изучали источники рентгеновского излучения; экспериментировали с высшими растениями, микроорганизмами, культурой ткани и насекомыми.

Четырнадцатый день космонавты посвятили систематизации результатов выполненных исследований, профилактическому осмотру отдельных систем станции, физическим упражнениям и отдыху.

Главное в программе нескольких последующих дней — астрофизические наблюдения. Используя солнечный телескоп со спектрографом и дифракционным спектрометром, космонавты получали в ультрафиолетовом диапазоне спектры отдельных солнечных образований (флоккулы, протуберанцы) и регистрировали интенсивность излучения всего диска Солнца. Для наблюдения ряда других космических объектов А. А. Губарев и Г. М. Гречко использовали инфракрасный телескоп-спектрометр. Одновременно в ходе полета проводились ис-



следования тепло- и массообмена в условиях невесомости и технические эксперименты по космической навигации.

Девятнадцатый день полета был отведен в основном медицинским экспериментам. Они включали исследования функций кровообращения при дозированной физической нагрузке на велоэргометре, полное электрокардиографическое обследование, измерение легочной вентиляции и функциональной пробы с использованием вращающегося кресла и вакуумного костюма, определение ультразвуковым методом плотности костных тканей, очередное взятие крови для последующего анализа в лабораториях на Земле.

Двадцатый рабочий день полета космонавты посвятили профилактическому осмотру станции и отдельных научных приборов, систематизации результатов ранее проведенных исследований, выполнению навигационных экспериментов, а также физическим упражнениям и отдыху.

В последующие рабочие дни космонавты занимались измерением температуры верхних слоев земной атмосферы, изучали характеристики потоков нейтрального газа и плазмы, продолжали отработку навигационную систему («Каскад»), предназначенную для автоматического поддержания длительной ориентации станции в различных режимах орбитального полета,

проводили астрофизические исследования. Объектами астрофизических наблюдений и исследований были Солнце, которое изучалось в ультрафиолетовом диапазоне, Сатурн (наблюдения в инфракрасном диапазоне) и галактические источники рентгеновского излучения. Космонавты провели технологический эксперимент — нанесение отражающих покрытий на зеркала телескопа. Подобные эксперименты помогают выяснить возможность создания и восстановления оптических свойств зеркал, подверженных эрозии в космосе. Программа изучения атмосферы Земли включала измерения прозрачности атмосферы в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах. Такие измерения позволяют в частности, изучить концентрацию озона и водяного пара на разных высотах над поверхностью Земли. Они также имеют большое научное и практическое значение для исследования загрязнений верхних слоев земной атмосферы и для разработки методов контроля за ее состоянием.

3 февраля космонавты проводили комплексные исследования сердечно-сосудистой системы, мозгового кровообращения, легочной вентиляции. Выполняя программу биологических исследований, космонавты контролиро-

вали работу системы по культивированию высших растений, продолжали эксперименты с микроорганизмами, культурой ткани и хлореллой.

4 февраля экипаж проводил астрофизические и технические исследования. В солнечный телескоп наблюдались физические процессы, протекающие в активных и невозмущенных областях поверхности Солнца и в его атмосфере. С рентгеновским телескопом исследовались характеристики излучения звезды Ригель и остатков взрыва Сверхновой в созвездии Корма. Наведение телескопа на заданные объекты впервые осуществлялось автономной системой звездной ориентации. На одном из витков с помощью рентгеновского и инфракрасного телескопов было проведено одновременное исследование характеристик излучения диффузного фона Галактики. По программе технических экспериментов экипаж отработывал системы регенерации воды из конденсата атмосферной влаги. Регенерированную воду космонавты использовали для питья и приготовления пищи.

5 февраля космонавты осуществляли контроль и профилактический осмотр систем станции, выполняли технические и медицинские эксперименты, а затем приступили к фотографированию отдельных районов земной поверхности.

6 февраля эти эксперименты были продолжены. Космонавты фотографи-

А. А. Губарев и Г. М. Гречко



ровали юг европейской части страны, районы Средней Азии, Казахстана и Дальнего Востока. Съемка выполнялась одновременно несколькими аппаратами на черно-белую и цветную пленки с применением различных светофильтров.

7 и 8 февраля космонавты проводили профилактический осмотр отдельных систем станции, систематизировали результаты выполненных исследований, уделяли значительное внимание физическим упражнениям. Готовясь к завершению полета, члены экипажа перенесли в транспортный корабль «Союз-17» материалы научных исследований, кассеты с фото- и кинопленкой, бортовые журналы.

9 февраля в 9 часов 08 минут московского времени была произведена расстыковка транспортного корабля «Союз-17» и станции «Салют-4». Перед спуском с орбиты экипаж выполнил ориентацию корабля. Затем была включена тормозная двигательная установка. По окончании работы двигателя произошло разделение отсеков корабля, и спускаемый аппарат перешел на траекторию снижения. На высоте семи километров была введена в действие парашютная система, непосредственно у поверхности Земли сработали двигатели мягкой посадки, после чего спускаемый аппарат плавно приземлился. Посадка спускаемого аппарата проходила в сложных метеорологических условиях при скорости ветра 20 м/сек, высоте облачности 150 м и видимости 500 м.

В 14 часов 03 минуты московского времени после выполнения 30-суточной программы исследований на борту пилотируемой научной станции

«Салют-4» и транспортного корабля «Союз-17» товарищи Алексей Александрович Губарев и Георгий Михайлович Гречко возвратились на Землю.

Приземление спускаемого аппарата транспортного корабля «Союз-17» произошло в расчетном районе территории Советского Союза, в 110 км северо-восточнее города Целинограда. Медицинское обследование космонавтов на месте приземления показало, что товарищи А. А. Губарев и Г. М. Гречко хорошо перенесли длительный космический полет.

В течение полета связь с космическим кораблем «Союз-17» и станцией «Салют-4» надежно обеспечивалась средствами наземного командно-измерительного комплекса, включающего в себя измерительные пункты, расположенные на территории Советского Союза, и научно-исследовательские суда Академии наук СССР «Академик Сергей Королев», «Ристна» и «Невель», находящиеся в акватории Атлантического океана. Поисково-спасательный комплекс в сложной метеорологической обстановке обеспечил быстрое обнаружение спускаемого аппарата и эвакуацию космонавтов.

Намеченная программа научно-технических исследований и экспериментов в совместном полете станции «Салют-4» и транспортного корабля «Союз-17» успешно выполнена. Станция «Салют-4» продолжает полет в автоматическом режиме.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 12 февраля 1975 года за успешное осуществление полета на орбитальной станции «Салют-4» и

транспортном корабле «Союз-17» и проявленные при этом мужество и героизм товарищам А. А. Губареву и Г. М. Гречко присвоено звание Героя Советского Союза с вручением ордена Ленина и медали «Золотая Звезда». Товарищам А. А. Губареву и Г. М. Гречко присвоено звание «Летчик-космонавт СССР».

Полученные в ходе полета данные обрабатываются и изучаются. О них мы сообщим читателям в следующих номерах «Земли и Вселенной».





Летчик-космонавт СССР
кандидат технических наук
В. И. СЕВАСТЬЯНОВ

Космос — людям XX века

Выход человека в космос безгранично расширяет сферу разума, сферу взаимодействия природы и общества. Несомненно, что в будущем человек все дальше и дальше проникнет в космическое пространство, включая все небесные тела Солнечной системы. Основой такого космического расширения сферы разума и труда послужит будущее развитие производства и хозяйственной деятельности человека в космосе. Сбудется предсказание великого К. Э. Циолковского — космос принесет людям бездну могущества и горы хлеба.

Космонавтика непосредственно влияет на дела земные. Космос поставил перед человеческим обществом множество научных и прикладных проблем. Научные проблемы — это поиск фундаментальных открытий, исследование Солнечной системы и Вселенной, изучение солнечно-земных связей, накопление новых сведений о Земле и окружающем ее космическом пространстве. К прикладным проблемам можно отнести сбор информации в глобальных масштабах о природных ресурсах нашей планеты; использование космических средств непосредственно в культурной и хозяйственной деятельности человеческого общества.

Что дает человеку разрешение научных и прикладных проблем использования космических средств? Новый уровень знаний, новые ресурсы, новое качество технологии, развития техники и промышленности, новые экономические и хозяйственные перспективы. Настанет качественно новый этап расцвета человеческой цивилизации.

С 30 сентября по 5 октября 1974 года в столице Голландии Амстердаме проходил XXV Конгресс Международной федерации астронавтики. Девиз конгресса — «Настоящее и будущее космических станций». На конгрессе было прочитано много докладов, посвященных перспективам изучения Земли и планет средствами космонавтики, космических лабораторий, итогам исследований, проведенных на советской станции «Салют» и американской станции «Скайлэб».

Результаты космических исследований пронизут все естественные и точные науки. Без информации из космоса уже и сейчас трудно обойтись. Например, расчет и составление долгосрочных прогнозов погоды требуют глобального «взгляда» на земную атмосферу и ее взаимодействие с Мировым океаном. Эту планетарную метеоинформацию наземные станции собрать не могут. И вот космические метеорологические системы типа нашего «Метеора» успешно прокладывают путь к решению труднейшей проблемы повышения достоверности прогнозов. Развитие геодезии и картографии не мыслится без космического фотографирования, космических телевизионных изображений, радиолокации, а в будущем и голографии. Станет возможным постоянный и оперативный контроль за «лицом» нашей планеты, который довольно быстро меняется под двойным воздействием — и природы, и человека.

Как будет осуществляться такой контроль? Безусловно, с помощью особой системы: спутников Земли. Даже такой вопрос, как наивыгоднейшее распределение минеральных удобрений в масштабе всей планеты, может быть решен лишь благодаря спектрозональным фотографиям со спутников. В самом ближайшем будущем людям XX века предстоит решать насущную проблему использования биоресурсов Мирового океана. Здесь начинается сложнейшая цепь вопросов морской биологии и техники исследований огромных акваторий. Все эти вопросы также фокусируются в космонавтике. Влияние космонавтики на прогресс любой стороны деятельности человека очевидно и глубинно.

Снимки из космоса несут много новой геологической информации о земной поверхности. Их анализ представляет собой самостоятельный метод исследования структуры земной коры, так как при этом начинают проявляться такие черты строения земной коры (например, мощные геологические разломы, смятия и т. д.), которые обусловлены наиболее общими глобальными причинами. На космических снимках перед исследователем разворачивается целостная картина крупных структурных элементов рельефа, вырисовываются многие детали строения местности и сквозь чехол рыхлых отложений как бы просвечивает строение более глубоких горизонтов земной коры.

Сейчас, опираясь на результаты геологической интерпретации космических фотоснимков, советские геологи сделали вывод, что подвижная зона смятия и разломов Уральской

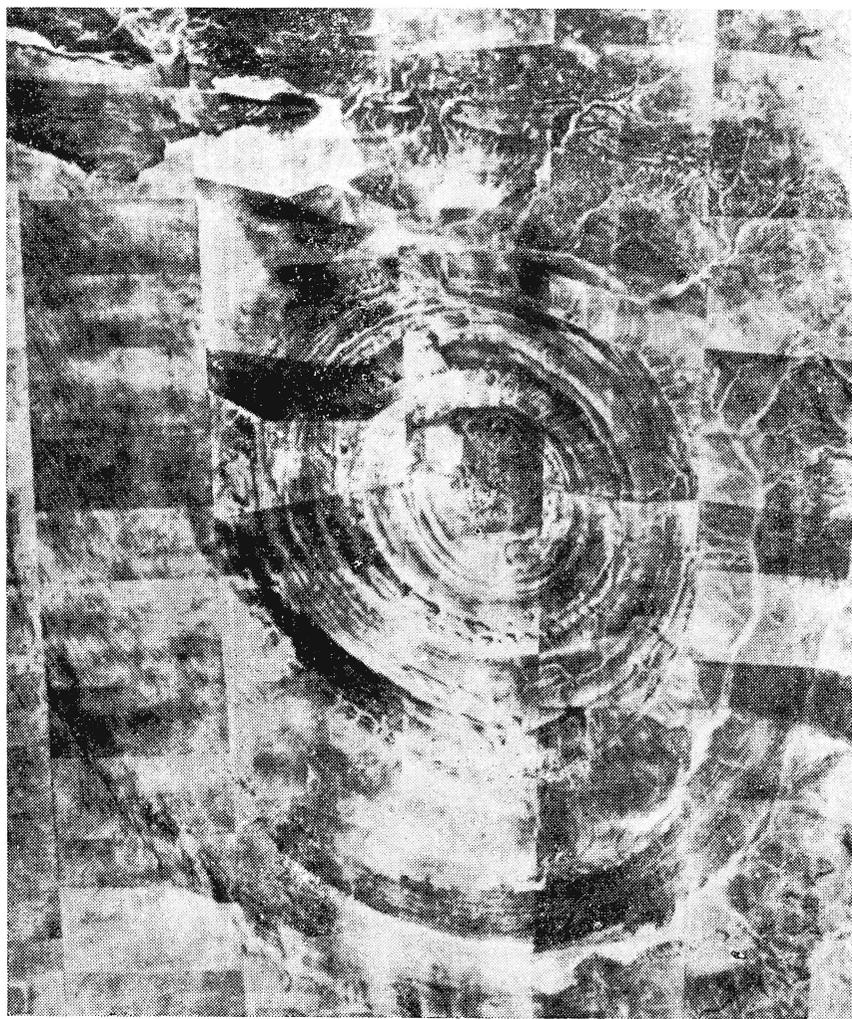
складчатой системы продолжается далеко на юг. По-видимому, она пересекает пустыни Средней Азии, горные хребты, расположенные южнее, и выходит к Персидскому заливу.

Информация, полученная из космоса, в сочетании со сведениями, добытыми наземными геологическими методами,— это богатый материал для понимания законов размещения рудных районов, нефте- и газоносных провинций земного шара. Он помогает выявить новые области, перспективные для поисков месторождения полезных ископаемых.

Космическое фотографирование на специальные спектрозональные (чувствительные в отдельных участках спектра) пленки, специальная обработка пленок, спектрографирование, инфракрасное, радиолокационное и лазерное зондирование, голография потребуют сложной техники, которая разместится на спутниках и орбитальных станциях. Эти летательные космические лаборатории будут контролировать природные ресурсы, чтобы предотвратить их истощение или даже гибель из-за нерациональной эксплуатации.

Если даже просто перечислять другие отрасли хозяйственной деятельности человека, где применение космических средств стало необходимым, понадобится много страниц. Однако невозможно здесь обойти энергетику и транспорт. Разве не заманчиво использовать солнечную энергию, вынося в космос энергетические установки или оборудовав там лазерные системы, которые передадут энергию Солнца на Землю?

Уже сотни миллионов жителей нашей планеты пользуются благами

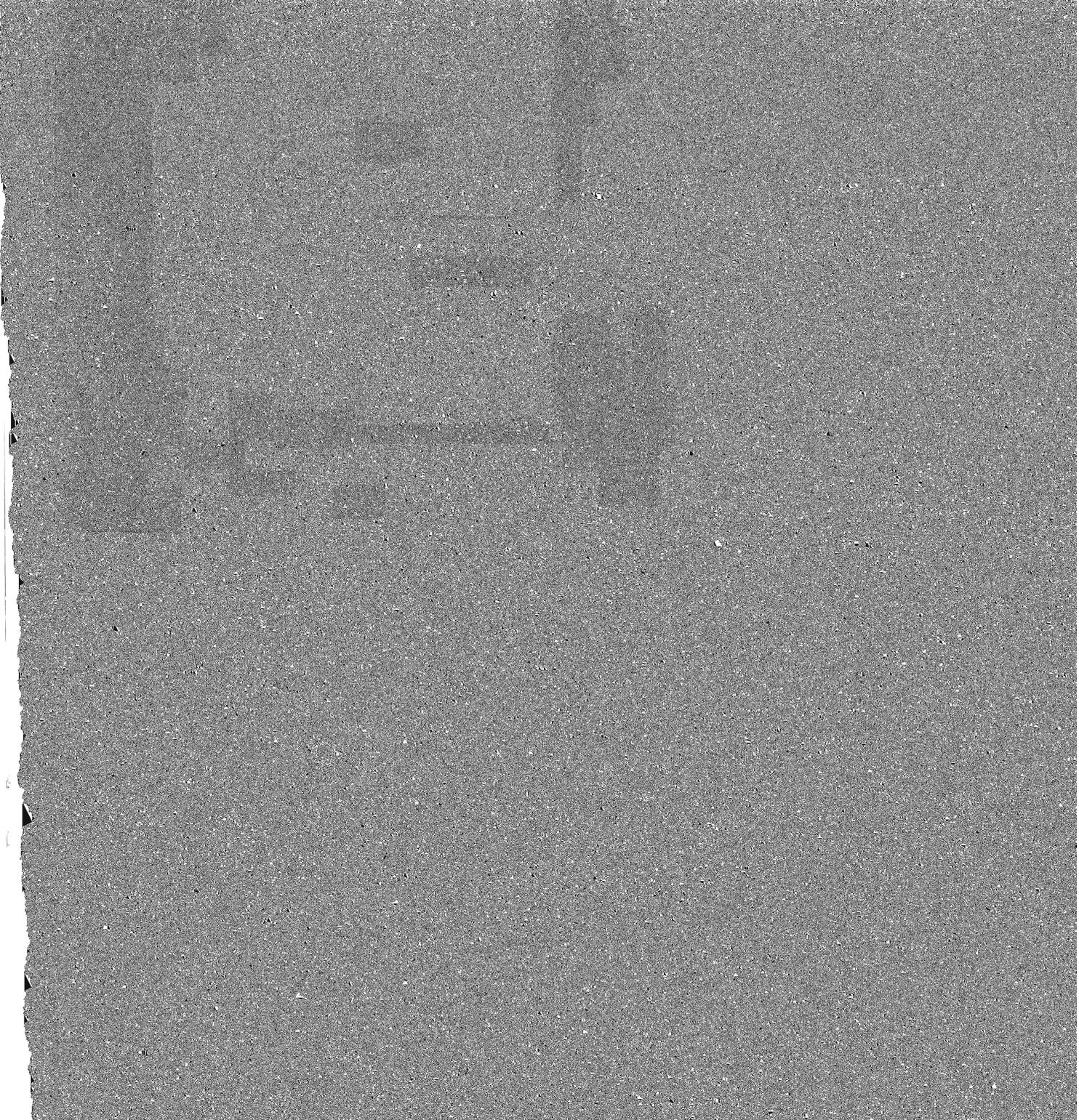


космической связи и телевидения. В нашей стране, например, успешно функционирует космическая телевизионная система «Орбита», эксплуатирующая космические автоматы «Молния-1» и «Молния-2». Космические связанные и телевизионные системы — это эффективные средства информации и пропаганды. Действительно грандиозны перспективы их использования для целей просвещения, общего и специального образования, для внедрения медицинского образования и распространения культуры. Естественно, при этом возникают многие морально-правовые вопросы. Уже сейчас проекты международных договоров, конвенций и соглашений широко обсуждаются и дис-

кутируются общественностью и правительственными органами различных стран планеты. Можно надеяться, они найдут свое решение.

Необозримые перспективы открывает использование космических средств как пилотируемых, так и беспилотных для развития космической техники. Уже созданы пилотируемые долговременные орбитальные станции, надежно функционируют специализированные космические автоматы прикладного назначения.

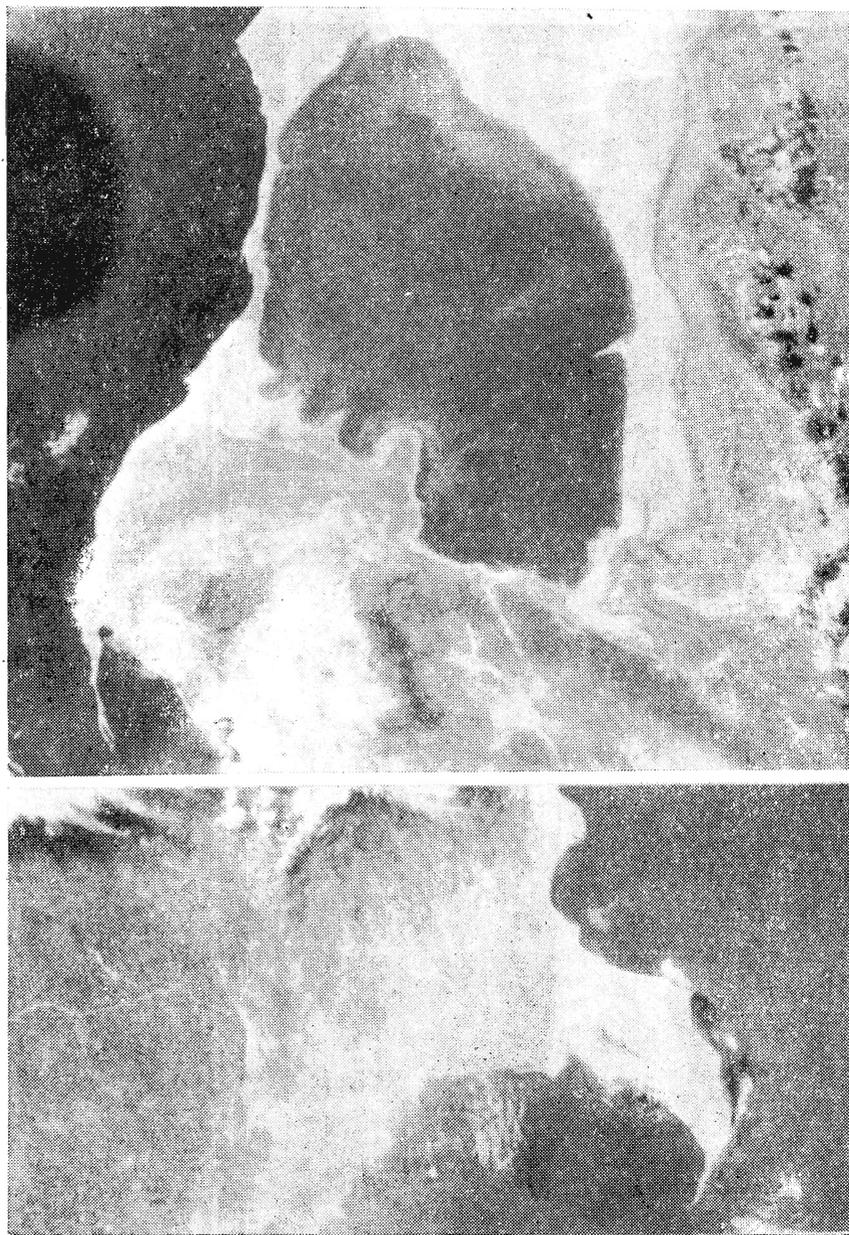
■ ■
Кольцевая структура Рихат. Монтаж аэрофотоснимков (слева). Космическая фотография, полученная с пилотируемого космического корабля «Союз-9» (правый снимок)



средств трудно себе представить контроль за охраной природной среды. Процесс разрушающего воздействия деятельности человека на природу и мощные, плохо контролируемые темпы расходования природных богатств планеты могут оказаться труднообратимыми или даже необратимыми.

Поколение людей середины XX века осуществило выход человека в космос и обеспечило с помощью космических средств будущее нашей планеты. Теперь предстоит решить хотя и более отдаленную, но еще более важную задачу. Человечество не может связать свое будущее только с нашей родной планетой. Об этом образно говорил еще К. Э. Циолковский. Человечество когда-нибудь выйдет за границы Солнечной системы и отправится в поиски условий для своего дальнейшего развития на планеты других звезд. Предстоит решить массу технических, и научных, и многих других вопросов. Они, несомненно, будут решены грядущими поколениями людей, но ведь и на нас лежит немалая ответственность за судьбу человеческой цивилизации!

Новые качественные изменения в жизни человечества связаны с принципиально иным подходом к исследованию, изучению мира. Коперник, Дарвин, Эйнштейн, Циолковский своими открытиями изменили сам способ видения мира, присущий человеку. Чтобы принять этот способ видения, человек должен быть духовно подготовлен, должен обладать достаточным уровнем общей культуры, бесстрашием и раскованностью мысли. Это необходимо ему для встречи с будущим, для непрерывного и вечного процесса поиска и открытия мира.



■ ■
Космические фотографии залива Кара-Богаз-Гол (верхний снимок) и Апшеронского полуострова (нижний снимок), полученные с пилотируемого космического корабля «Союз-9»



Доктор технических наук

А. И. ЛАЗАРЕВ

Летчик-космонавт СССР

А. Г. НИКОЛАЕВ

Летчик-космонавт СССР

В. И. СЕВАСТЬЯНОВ

Звезды в космосе

НОЧНОЙ ГОРИЗОНТ ИЗ КОСМОСА

Интересные результаты визуальных наблюдений ночного горизонта Земли и космических сумерек были получены космонавтами на кораблях «Союз» с высоты около 250 км, когда Солнце находилось ниже или выше горизонта Земли в пределах $\pm 15^\circ$.

При углах погружения Солнца более 15° с высоты 250 км (в отсутствие Луны и полярных сияний) наблюдается типичная картина ночного горизонта Земли. Эмиссионное излучение ночной атмосферы образует у горизонта пепельно-серый светящийся слой с двумя максимумами яркости на верхней и нижней границах.

Верхний максимум этого слоя — светящийся венец, заметен на линии визирования, высота перигея которой около 90 км, а у края диска Земли видна светлая полоса. Яркость светящегося венца для средних и экваториальных широт составляет 10—15 мнит (для сравнения укажем, что яркость ночной атмосферы при наблюдении с Земли составляет 0,3 мнит, яркость Луны около 0,3 стильба; 1 мнит = 10^{-7} стильба).

По наблюдениям космонавтов, ночной светящийся венец имеет едва заметную нитевидную структуру. Иногда в нем образуется несколько слоев различной яркости и цветовых оттенков. С космического корабля «Союз-12» космонавты видели, как над однородным светящимся венцом появлялись отдельные области свечения, вытянутые параллельно ему. Правда, яркость и цвет этих областей свечения мало отличались от яркости и цвета однородного светящегося венца. Угловые размеры областей

С борта космического корабля «Союз-9» советские космонавты впервые наблюдали характерное свечение верхней атмосферы Земли, названное «усами». Этот эффект заметен в области, где дневное излучение верхней атмосферы нависает над ночным светящимся слоем.

свечения составляли $3-5^\circ$, что при высоте орбиты 220 км соответствует протяженности 70—120 км. Отдельные области свечения над ночным светящимся венцом были обнаружены также с американской исследовательской геофизической обсерваторииOGO-6, запущенной в июне 1969 года на околополярную орбиту под углом 82° (апогей 1100 км, перигей 400 км).

СУМЕРКИ С КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ

Наблюдения сумерек с космического корабля «Союз-9» проводились через четыре иллюминатора орбитального отсека. Когда Солнце находилось под горизонтом, наблюдали в солнечный иллюминатор, а после восхода Солнца — через боковые и противосолнечный иллюминаторы.

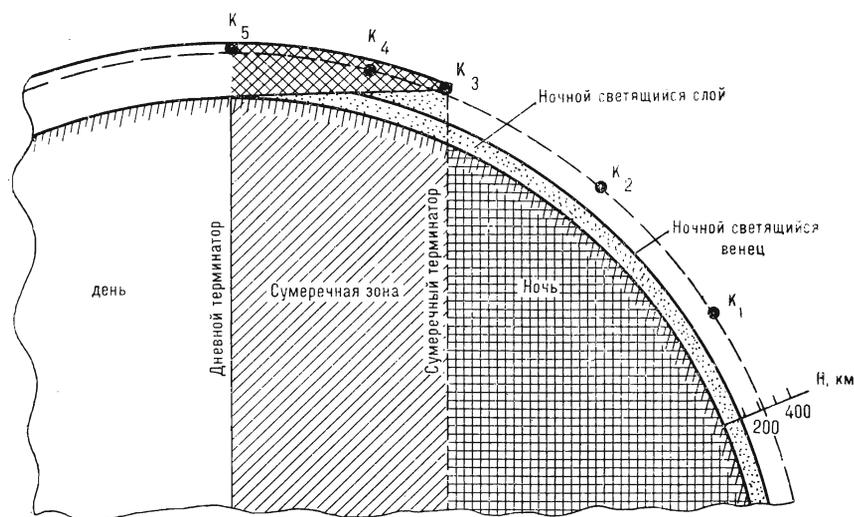
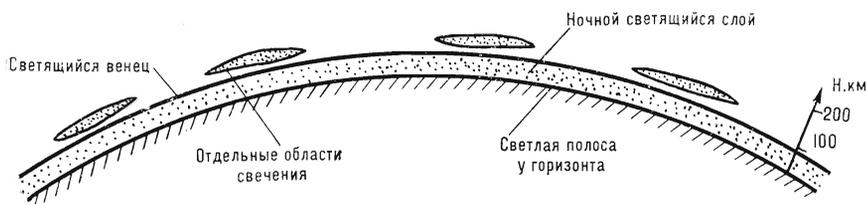
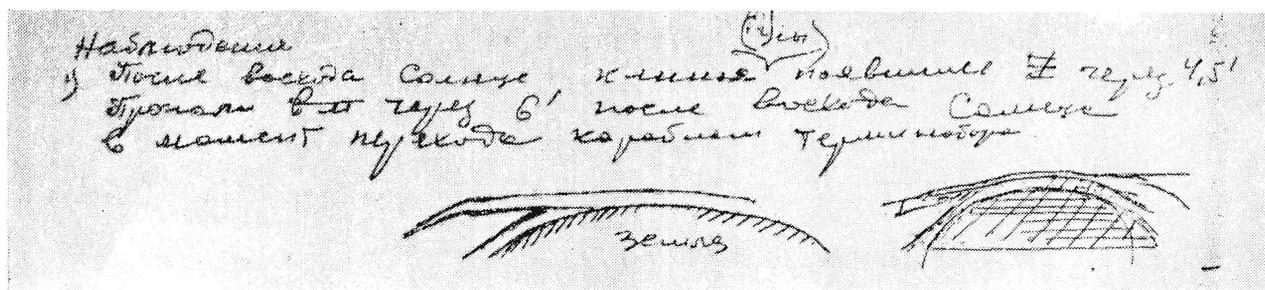
Пролетая над ночной стороной Земли (угол погружения Солнца более 15°), космонавты видели с высоты 250 км через все иллюминаторы космического корабля «Союз-9» излучение ночной атмосферы. Когда угол погружения уменьшается до 15° , над ночным светящимся венцом

появляется верхняя граница сумеречного излучения атмосферы, которая воспринимается как утолщение и «разлохмачивание» ночного светящегося венца в направлении подсолнечной точки. В это же время через противосолнечный и боковые иллюминаторы просматривалась типичная картина ночного горизонта Земли.

В области углов погружения Солнца от 15 до $6-7^\circ$ наблюдаемая через солнечный иллюминатор сумеречная зона постепенно разрастается. При угле погружения Солнца $6-7^\circ$ космонавты видели значительную часть сумеречной зоны на высотах от 320 до 35—40 км и цветовой сумеречный ореол. В боковые иллюминаторы, по-прежнему, был заметен ночной светящийся слой, но части слоя, расположенные в непосредственной близости от зари, казались «разлохмаченными» в виде тонких светящихся нитей.

С уменьшением угла погружения Солнца цветовой сумеречный ореол как бы разрастается. Об удивительно прекрасной картине развитого цветосго сумеречного ореола рассказывают все космонавты. Первым ее увидел и описал Юрий Алексеевич Гагарин.

Перед восходом Солнца сумеречный ореол достигает максимальной высоты. Сразу после восхода Солнца он сжимается, уменьшаясь по высоте примерно на одну треть. Резкое уменьшение видимого размера сумеречного ореола в момент появления первых солнечных лучей связано как с яркостной адаптацией глаза, так и с излучением искусственного фона. Этот фон создается рассеянным излучением иллюминатора, которое



людалось характерное свечение верхней атмосферы над ночным светящимся венцом — «усы». Результаты наблюдений эффекта «усов» были зарегистрированы в бортижурналах на 61-м, 117-м и 149-м витках космического корабля «Союз-9».

С высоты 250 км сумеречное свечение верхней атмосферы, создающее эффект «усов», возникает внезапно. В районе терминатора сумеречный ореол как бы отрывается от земной поверхности и уходит в сторону темного звездного неба до высоты 250—300 км. Вот тогда и образуются симметрично расположенные «усы». Ниже «усов», по-прежнему, наблюдается ночной светящийся слой. Когда космический корабль «Союз-9» пересекал линию дневного терминатора, «усы» исчезали: то одновременно в обоих боковых иллюминаторах, то последовательно — сначала с одной, а потом с другой стороны. Аналогичную картину свечения сумеречной атмосферы видели космонавты В. Г. Лазарев и О. Г. Макаров с «Союза-12», а также П. Р. Попович и Ю. П. Артюхин с «Союза-14».

СУМЕРЕЧНАЯ ЗОНА АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

До начала космических полетов исследования сумерек проводились в основном с поверхности Земли. Были получены данные об освещенности и яркости сумеречного излучения земной атмосферы. Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования помогли создать классификацию сумерек. В зависимости от уровня освещенности на поверх-

резко возрастает при освещении прямыми солнечными лучами. Аналогичный эффект изменения видимой через окно вечерней или ночной улицы можно наблюдать при включении комнатного освещения.

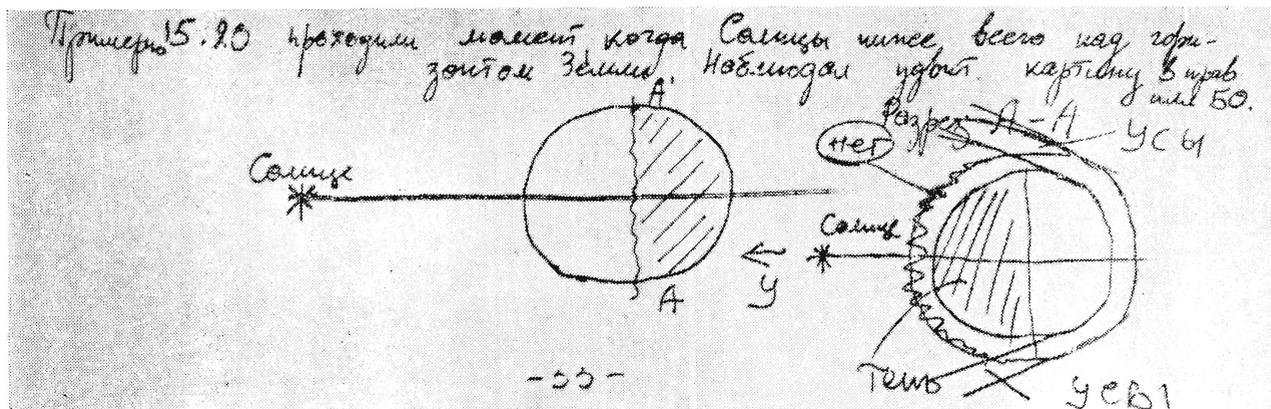
ЭФФЕКТ «УСОВ»

При углах возвышения Солнца 5—15°, когда космический корабль «Союз-9» пролетал над областью тени за линией дневного терминатора, через боковые иллюминаторы наб-

Фотокопия страницы бортижурнала космонавта А. Г. Николаева с описанием эффекта «усов» на 149-м витке космического корабля «Союз-9» 11 июня 1970 года

Ночной горизонт Земли при наблюдении из космоса

Сумеречная область земной атмосферы и положения космического корабля «Союз-9» в точках орбиты, соответствующих углам погружения или возвышения Солнца: $K_1(\delta_{\odot} = -15^{\circ})$; $K_2(\delta_{\odot} = -7^{\circ})$; $K_3(\delta_{\odot} = 0)$; $K_4(\delta_{\odot} = 5^{\circ})$; $K_5(\delta_{\odot} = 15^{\circ})$



ности Земли сумерки условно разделяют на гражданские (угол погружения Солнца до $6-8^\circ$), морские, или навигационные (от 6 до 12°), и астрономические (от 12 до 18°). Если угол погружения Солнца больше 18° , освещенность и яркость атмосферы практически от него уже не зависят и определяются ночными условиями: эмиссионным излучением верхней атмосферы, подсветкой Луны, полярными сияниями, звездным небом и т. д.

Область сумеречного излучения атмосферы расположена между дневным и сумеречным терминаторами. Дневной терминатор — это граница между дневной и сумеречной зонами, а сумеречный — между сумеречной зоной и ночной стороной Земли. По многочисленным земным наблюдениям в видимой области спектра граница ночи и сумеречной зоны земной атмосферы (сумеречный терминатор) определяется зенитным расстоянием Солнца Z_0 , равным 108° . При $Z_0=108^\circ$ прямое солнечное излучение освещает слои атмосферы, находящиеся на высотах более 320 км. В сумеречной зоне область освещенной Солнцем атмосферы образует вокруг Земли слой переменной толщины. Сумеречная зона начинается у дневного терминатора, где ее толщина около 300 км. По мере приближения к сумеречному терминатору она постепенно отрывается от поверхности Земли и исчезает. Ширина сумеречной зоны около 2000 км. Приведенные здесь оценки протяженности сумеречной зоны атмосферы Земли определяются пороговыми (минимальными) уровнями яркости зрительного восприятия, примерно соответствующими уровню яркости ночной атмосферы при наблюдении с Земли. Естественно, для разных пороговых уровней яркости размеры сумеречной зоны будут отличаться.

Область наблюдений сумеречного излучения атмосферы из космоса можно условно разделить на три участка: космический корабль находится в тени Земли и летит над ночной стороной; космический корабль находится в тени Земли, но летит над сумеречной зоной; сумеречная зона наблюдается с космического корабля, освещенного прямым солнечным излучением. Протяженность первого, второго и третьего участков космических зорь зависит от высоты полета и угла наклона орбиты космического корабля. Напомним, что земной наблюдатель может исследовать сумеречное излучение атмосферы только на втором участке. Если космический корабль летит на высоте

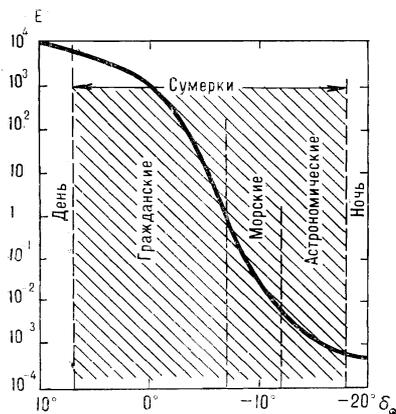
более 320 км (выше границы сумеречного слоя), то второй участок космических сумерек отсутствует. Если высота орбиты космического корабля превышает $25\,000$ км, то первый участок будет занимать всю часть орбиты корабля, находящуюся в тени Земли.

При зенитных углах Солнца более 100° сумеречная зона атмосферы Земли освещается прямым солнечным излучением на высотах более 100 км, то есть выше ночного светящегося венца. В этой области сумеречное излучение атмосферы нависает над ночным светящимся слоем, благодаря чему создаются условия для наблюдения эффекта «усов». С борта космических кораблей эффект «усов» наиболее отчетливо виден на третьем участке при углах возвышения Солнца над горизонтом от 5 до 15° . При углах погружения (возвышения) Солнца от -15° до $+5^\circ$ также одновременно наблюдаются сумеречная зона и ночной светящийся слой, но линия визирования направлена в сторону увеличения яркости сумеречной зоны, и поэтому отрыв верхней ее части от ночного светящегося венца не заметен на фоне более ярких участков сумеречной зоны.

В области углов возвышения Солнца от 5 до 15° при визировании через боковой иллюминатор в сторону сумеречной зоны создаются благоприятные условия для наблюдений отрыва сумеречной зоны от ночного све-

Фотокопия страницы боржурнала космонавта В. И. Севастьянова с записями наблюдений серебристых облаков и времени появления «усов» на 117-м витке полета космического корабля «Союз-9» 9 июня 1970 года





тящегося венца на темном космическом фоне. Когда естественный фон и рассеянное излучение боковых иллюминаторов после пересечения космическим кораблем линии дневного терминатора становятся ярче «усов» и ночного светящегося слоя, тогда «усы» исчезают.

Так наблюдения из космоса помогают детальному изучению структуры сумеречной зоны атмосферы Земли в видимой области спектра. Проведенные с космических кораблей «Союз» исследования вертикального распределения яркости и спектрального состава сумеречного ореола широко используются для изучения загрязнения атмосферы, а наблюдения ночного светящегося венца — для ориентации космических кораблей на ночной стороне Земли.

Летчики-космонавты СССР П. Р. Попович и Ю. П. Артюхин во время подготовки к предстоящим наблюдениям в космосе

Освещенность (E) на поверхности Земли в зависимости от угла погружения Солнца (δс)

ТРИНАДЦАТЫЙ СПУТНИК ЮПИТЕРА

Астроном Паломарской обсерватории (США) Ч. Коуэл открыл неизвестный прежде спутник Юпитера. 14 сентября 1974 года он просматривал пластинки, полученные 10, 11 и 12 сентября на 48-дюймовой камере Шмидта специально для поисков спутников Юпитера. Каждая пластинка экспонировалась два часа. На протяжении всего этого времени телескоп следил за Юпитером: инструмент перемещался с той же скоростью, что и планета. Поэтому звездные изображения вытянулись в штрихи, а спутники регистрировались почти как точки. Точечный объект, замеченный Коуэлом, очень слаб, он имеет только 20-ю звездную величину.

22 сентября новый объект наблюдали астрономы обсерватории Кит Пик (США). Они его обнаружили в пределах двух минут дуги от предсказанного положения.

По пяти положениям Б. Марсен и К. Акнес вычислили предварительную орбиту нового объекта. Его движение показывало, что это — XIII спутник Юпитера, перемещающийся по орбите в прямом направлении (против часовой стрелки). Он относится к той же группе, что и VI, VII и X спутники Юпитера, которые находятся на расстоянии 0,08 а. е. от планеты.

Новый спутник обращается вокруг планеты на среднем расстоянии 12,4 млн. км. Один оборот вокруг Юпитера он делает за 282 дня.

«Sky and Telescope», 48, 5, 6, 1974.

НЕОНОВАЯ АТМОСФЕРА ПЛУТОНА

Американский астроном М. Харт измерил альбедо (отражающую способность) планеты Плутон на различных длинах волн. Согласно его

измерениям, атмосферное давление у поверхности этой планеты примерно такое же, как в приземном слое атмосферы Земли. Температура поверхности Плутона близка к 43° К.

В таких условиях только неон не конденсируется и не испаряется в окружающее пространство. Более распространенные в межпланетном пространстве газы, например метан, на Плуtone полностью «вымерзают», а водород — улетучивается. Вероятно, газовая оболочка Плутона состоит из чистого неона.

Конвективный теплообмен между освещенной и неосвещенной сторонами планеты, по мнению Харта, поддерживает температуру Плутона примерно на одном уровне. Перепады температуры вряд ли превышают 2°, чему также способствует весьма малое количество солнечной радиации, достигающей Плутона.

Существование неоновых «океанов» на Плуtone Харт считает маловероятным, ибо для этого необходимо, чтобы атмосферное давление у поверхности планеты составляло 20 атм.

«Science News», 105, 22, 1974.

ПАДЕНИЕ МЕТЕОРИТА В НИГЕРИИ

Вечером 3 августа 1974 года на северо-востоке Нигерии, в районе Майо Бельва округа Адамаво упал сравнительно крупный метеорит. Местные жители подобрали осколок весом 4,85 кг. Он имеет неправильную яйцеобразную форму, его максимальная окружность 40 см, длина 24 см и ширина 13 см. Метеорит оказался каменным.

По сообщению местных скотоводов, падение метеорита сопровождалось ярким свечением и грохотом, который был слышен в радиусе 25 км. Координаты места падения 8°58' с. ш. и 12°5' в. д. «Smithsonian Institution Event Notification Card», 1960, 1974.



Доктор медицинских наук
Л. С. ХАЧАТУРЬЯНЦ

Международная орбитальная лаборатория

БЛИЖАЙШЕЕ И ДАЛЕКОЕ БУДУЩЕЕ

Если представить своеобразную шкалу расстояний, по которой продвигаются люди различных профессий в своих мыслях о космонавтике, то где-то впереди окажутся литераторы-фантасты, несколько ближе — популяризаторы, вооруженные смелыми гипотезами, а между ними — физики-теоретики и биологи. Первую треть этой воображаемой лестницы занимают специалисты, которые сегодня готовят экипажи, ставят эксперименты в космосе, организуя работу так, чтобы в полете решались также насущные народнохозяйственные задачи.

Однажды я присутствовал на дискуссии о международной орбитальной лаборатории. Ее открыл профессор Эрик из США. В обширном и хорошо иллюстрированном докладе он показал возможность использования международных орбитальных лабораторий для совершенствования обычных технологических процессов. На экране мелькают кадр за кадром. На фоне знакомых очертаний материков монтируются сначала двух-, а затем трех- и многосекционные космические лаборатории. Это — недалекое будущее.

Ныне весь мир будет следить за работой первой международной станции «Аполлон» — «Союз». Станция будет оснащена аппаратурой, изготовленной в США и СССР. На ней будет работать интернациональный коллектив, выполняющий общие задачи. Они должны найти друг друга в космосе, затем совместными согласованными действиями приблизить корабли, состыковаться и начать со-

В космосе уже побывало более пятидесяти пилотируемых космических кораблей. Были осуществлены стыковка и облет космических летательных аппаратов, космонавты в полете переходили из одного корабля в другой и выполняли сложные задания в условиях космического пространства. Изменялись ли при этом их физиологические и психологические функции?

вместные эксперименты. Для выполнения сложных задач необходимо достичь повышенной «надежности» космонавтов обеих сторон. Вот почему экипажи готовятся давно («Земля и Вселенная», № 6, 1973 г., стр. 14—21; № 2, 1974 г., стр. 13—19.— Ред.). Они проводят самые разнообразные эксперименты на земле, в частности изучают основные функции космонавта-оператора, которому доверяют управление кораблем в полете. В связи с созданием орбитальных станций возникают вопросы: смогут ли работать с нужной точностью и определенным временным запасом космонавты-монтажники и сможет ли каждый выполнить свою конкретную задачу в необычных условиях длительного космического полета, каков будет коэффициент полезного действия?

Советские космонавты на пилотируемых космических кораблях уже не раз ставили эксперименты в реальных условиях космического пространства. Накопленные на земле и в космосе научные факты помогают ответить на

некоторые дискуссионные вопросы. Например, как меняются характеристики деятельности космонавта в реальном космическом полете?

В свое время спор о роли и месте человека в системах управления космическим кораблем был решен в пользу человека. Первые эксперименты по ручному управлению космическим кораблем выполнялись уже Г. С. Титовым, затем они расширились на кораблях «Восход», «Меркурий», «Джеминай», «Союз», «Салют» и «Аполлон». Важность роли человека в системах управления, особенно когда условия сложны, подтверждена полетом космического корабля «Восход-2», а также действиями американских астронавтов в полетах кораблей «Джеминай» и «Аполлон». Логическим развитием предыдущих исследований можно считать деятельность экипажа американской станции «Скайлэб».

ЗРЕНИЕ КОСМОНАВТА В ПОЛЕТЕ

Гипотетическая схема деятельности оператора при восприятии и обработке информации выглядит приблизительно так: чтобы провести какую-либо целенаправленную операцию (например, навигационные замеры), космонавт вначале должен воспринять информацию о текущих изменениях в показаниях индикатора. Затем он опознает и декодирует смысл этих изменений, определяет, какие собы-

Гипотетическая схема деятельности человека-оператора при восприятии и обработке информации на примере стыковки двух космических кораблей

Восприятие информационных символов

Опознавание информационных символов

Декодирование информации

Определение динамической структуры информации

Прогнозирование динамической структуры информации

Группировка информационных признаков, их анализ и сопоставление с задачей

Прием решения о необходимости действий

Создание модели командных действий

Выполнение командных действий

Контроль выполнения командных действий

Коррекция полученных результатов





тия могут за этим последовать. Он должен представлять динамику ситуации, то есть осуществлять динамическое прогнозирование.

В астронавигации, проводимой на борту корабля, последовательность действий такова: определяется навигационный ориентир (звезда или планета, элемент рельефа планеты и т. д.), затем уточняется положение этого ориентира на фоне звездного неба или освещенной Солнцем Земли. Проводятся астронавигационные измерения. Определяется местоположение корабля. На следующем этапе рассчитывается движение корабля и координаты точки, куда должен прийти корабль по заданию, и точки, куда он попадет, если коррекции орбиты не будет. Проводится расчет направления и силы импульса для коррекции орбиты. Оптимальное проведение операций помогает космонавту принять обоснованное решение, как и в каком направлении провести двигательный акт, чтобы конечный результат операции соответствовал допускам системы и был направлен на достижение цели. Согласно этой схеме рассмотрим поведение космонавта в полете. Итак, восприятие. В автоматизированном управлении о работе систем корабля космонавт-оператор может судить, лишь наблюдая за приборами, индикаторами и сигнализаторами. Таким образом, главный канал поступления информации — это зрение.

В полетах космических кораблей «Восход» и «Союз» исследовалось влияние факторов космического полета на зрительные функции 14 космонавтов. Это дало 300 замеров уровней основных функций зрения. Выяснился,

например, очень важный факт, что длительная невесомость не изменяет остроты зрения космонавтов. Однако уровень зрительной оперативной работоспособности снижается на 14—26%, причем наибольшее снижение этого уровня наблюдалось на первых 14—18 витках полета. Мы назвали эту функцию зрительной оперативной работоспособностью, можно было бы назвать «рабочей остротой зрения». Что же это такое? Это та интегральная функция зрения, которая позволяет произвести человеку зрительное действие: узнать объекты наблюдения, различить их друг от друга и т. д.

Изменяется и восприятие яркости цвета. Например, пурпурный, голубой, зеленый и красный цвета воспринимаются как менее яркие (на 25%). Восприятие яркости других цветов также ухудшается, но не снижается более чем на 10%. Увеличения субъективной яркости не наблюдалось.

Когда начались полеты космических кораблей «Союз», появилась возможность изучить динамику наиболее важной функции многопрофильного математического анализа зрения — контрастной чувствительности. В результате Е. А. Иванов вывел обобщенный критерий — «функцию зрения». Это общий показатель, который базируется на всех функциях зрения, — на ее остроте, на оперативной работоспособности, контрастной чувствительности и т. д. Из опыта полетов экипажей «Союз-3, -4, -5» выяснилось, что в первые сутки зрение ухудшается с последующей нормализацией. Так, на третьи сутки полета (экипажи космических кораблей

«Союз-3, -4, -5») функция зрения была на 9,3% ниже, чем в учебном космическом корабле.

Американские специалисты также уделяют большое внимание этому вопросу. Проведя анализ субъективных данных космонавтов, они первоначально даже пришли к мнению, что разрешающая способность зрения в полете увеличивается. Однако тщательное определение остроты зрения специальным методом (по внекабинным ориентирам) в полете космического корабля «Джеминай-5» не подтвердило их предположения. По-

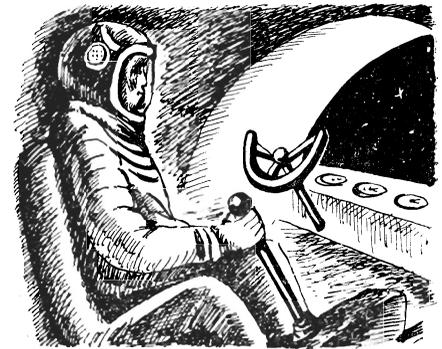
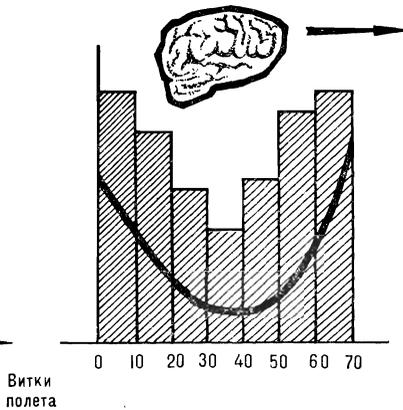
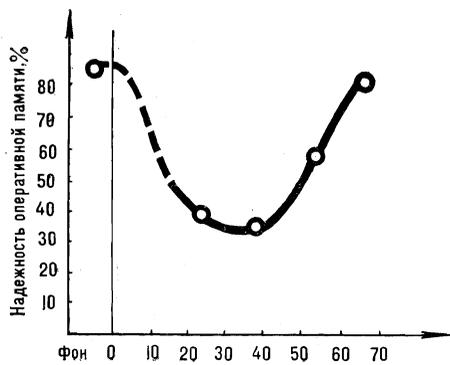
Летчик-космонавт СССР Евгений Васильевич Хрунов — участник полета на космическом корабле «Союз-5» (15—17 января 1969 года). Вместе с А. Е. Елисеевым осуществил переход через открытый космос в космический корабль «Союз-4». Евгений Васильевич пробыл в открытом космосе 37 минут. Этому событию предшествовали настоящие тренировки. На снимке — Е. В. Хрунов на тренажере безопорного пространства. За тренировкой наблюдает доктор медицинских наук Л. С. Хачатурьянц

Летчик-космонавт СССР Василий Григорьевич Лазарев. Во время полета космического корабля «Союз-12» В. Г. Лазарев как врач уделял большое внимание медицинской аппаратуре

Летчик-космонавт СССР Борис Валентинович Вольнов — командир космического корабля «Союз-5», совершившего полет 15—18 января 1969 года. На снимке Борис Валентинович после сложной тренировки

Фото В. Л. Жихаренко





леты на международной орбитальной лаборатории, совместная работа экипажей позволят уточнить эти данные, получить согласованные характеристики зрения космонавта в полете.

ОПЕРАТИВНАЯ ПАМЯТЬ И ДВИГАТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Основой определения динамической структуры информации и ее прогнозирования является оперативная память человека. Это — кратковременная, непосредственная память, которая входит составным элементом в алгоритм выполнения той или иной операции. Например, радист, передавая телеграфным ключом радиограмму, состоящую из смешанного буквенно-цифрового текста, запоминает группу, передает ее на память, а в это же время запоминает другую группу и т. д. Эта важная часть оперативной деятельности человека. Поэтому в полетах космических кораблей «Восход», «Восход-2» и «Союз-6» проводилось исследование всех функций оперативной памяти космонавта в ходе управления космическим кораблем. Полученные результаты сравнивались с характеристиками действий тех же космонавтов во время заключительных тренировок в учебном корабле.

И в односуточном, и многосуточном полетах отмечается флуктуация надежности оперативной памяти: сначала длится адаптационная фаза полета, а затем наступает фаза установившейся работоспособности. Для

иллюстрации этапа создания модели командных действий и их исполнения применялись различные методы изучения двигательной активности космонавта. Анализировалась простая реакция, реакция с выбором и сложная ассоциативная двигательная реакция прогнозирования.

Удалось установить, что время простых двигательных реакций космонавта-оператора, в том числе и реакции выбора одной из трех возможностей, не претерпевает существенных изменений. Однако для принятия какого-либо решения на предстоящий момент или для сложных реакций прогнозирования требуется адаптация. Сами реакции тоже испытывают колебания, как и в случае зрительных функций.

Из динамических характеристик работы человека система управления вообще, и в частности в космосе, с управляющей деятельностью лучше других коррелирует функция преследующего слежения. По тому, как четко и как быстро следит космонавт за сигналами, можно судить о качестве таких действий, как ориентация корабля, астрономические измерения, стыковка и многие другие при ручном управлении. Поэтому, начиная с

■ ■ ■
Изменение оперативной памяти космонавта в полете. Надежность памяти резко снижается между 20-м и 30-м витками, а затем на 60-м витке возвращается к обычному ее состоянию

полета космического корабля «Восход-2», на борту использовалась специальная модель управления — регистратор процессов слежения.

В полете увеличиваются ошибки — появляется рассогласованность заданного сигнала и отслеживания. С практической точки зрения интересно, что наибольший разброс получается при работе с сигналами, имеющими частоту более 0,5 гц. В полете ухудшается качество слежения за синусоидальным сигналом. Наблюдается определенная затянутасть слежения. Это, по-видимому, можно объяснить двумя факторами: во-первых, изменениями координации движений, а во-вторых, ослаблением мышц в результате воздействия длительного состояния невесомости.

Полученные советскими исследователями экспериментальные данные определенным образом объясняют ряд моментов из реальной практики космических полетов. Например, во время полета космического корабля «Джеминай-4» космонавт Дж. Макдивитт на первом и в начале второго витка в течение часа пытался сблизиться со второй ступенью ракеты-носителя. Эксперимент не удался, хотя на его выполнение ушло более половины запаса «рабочего тела». Командир корабля «Джеминай-10» Дж. Янг во втором витке полета провел стыковку с ракетой «Аджена», израсходовав, однако вдвое больше «рабочего тела», чем намечалось. Командиру корабля «Восход» В. М. Комарову на первом витке полета по-

требовалось на ориентацию корабля в 2 раза больше времени, чем во второй половине полета. Таких примеров можно привести много. По данным советских и американских космонавтов был проведен анализ предположений, которые могли бы привести к усложнению космического полета. Оказалось, что 17% предположений возникли в результате ошибочных действий экипажа, причем больше половины из них происходят в начальном периоде адаптации.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

Для раскрытия психофизиологических механизмов первой фазы космического полета было проведено 14 длительных (10—70 суток) лабораторных экспериментов. В них моделировались программы различных по сложности космических полетов, в том числе четыре эксперимента с моделированием субъективного чувства потери веса. Условия невесомости моделировались в самолете, в лаборатории — в иммерсионной среде (например, в воде), при полете по параболе Кеплера, а также при прыжках на батуте. Соответствие реальным условиям в одних случаях было больше, в других — меньше. Однако человек всегда помнил, что он находится в самолете, в лаборатории и т. д., то есть он чувствовал под собой землю.

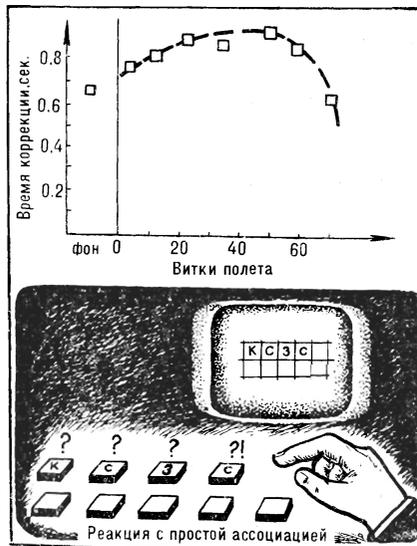
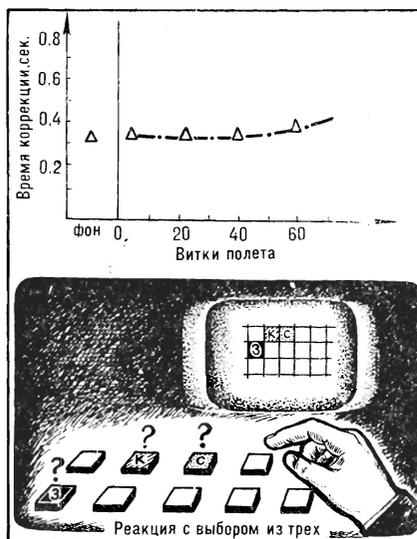
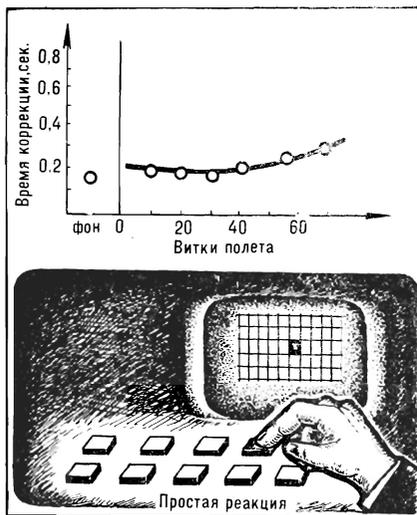
В экспериментах было отмечено, что продолжительность периода адаптации зависит от предварительной установки испытуемых на предполагаемую длительность эксперимента. Быстрее восстанавливаются и стабили-

зируются более простые функции (мышечная сила, разрешающая способность зрения и т. п.) и медленнее — более сложные функции коры головного мозга. На характер адаптационного процесса влияют силы и качество воздействующей помехи. Так, в частности, замечено, что для деятельности, основой которой является функционирование двигательного и осязательного анализаторов, требуется более продолжительный адаптационный период. Раньше всего и на более длительный период снижались возможности вероятностного прогнозирования, надежность оперативной памяти и др.

Анализируя и сравнивая показатели динамики основных элементов деятельности космонавта, полученные в реальных полетах и в условиях наземного моделирования, можно прийти к выводу, что основой изменения профессиональных или исследовательских навыков на первой фазе космического полета является нарушение устойчивости контрольно-координационных функций. Действительно, с позиций физиологии активности в схеме аппарата управления движениями можно найти ряд элементов, весьма чувствительных к действиям главного фактора космического полета — невесомости.

Центральным командным постом этой системы, по выражению Н. А. Бернштейна, служит задающий элемент. На его выходе возникает образ или представление того результата

■ ■ ■
Характеристики двигательной активности космонавта





действия (концевого или поэтапного), на который это действие нацелено.

Морфологическая структура, обеспечивающая функции задающего элемента, еще не известна, но, по всей вероятности, она охватывает ряд корковых образований мозга. В различных экспериментах показано, что экстраполяционная деятельность обезьян в условиях невесомости существенно нарушается одновременно со снижением биоэлектрической активности мозга. При этом страдает оперативная память, нарушаются двигательные-координационные функции корковых отделов мозга, ухудшается деятельность. Характерно, что ограничение числа степеней свободы улучшает двигательные-координационные возможности в невесомости.

Как только центральная нервная система переходит на новый уровень функционирования, заканчивается адаптационный этап полета, характеризующийся установившимся уровнем работоспособности космонавта. Именно этот этап деятельности следует считать началом планирования сложных и ответственных экспериментов. Поэтому в планируемом совместном полете стыковка наших и американских кораблей не назначалась на первом витке полета, ученые дали возможность организму космонавта несколько привыкнуть к невесомости, адаптироваться.

Динамика психофизиологических функций человека является основой изменения его работоспособности — вот почему этому вопросу уделено основное внимание автора данной статьи. Однако здесь не упомянуты вопросы особой важности — питание космонавта, система его жизнеобес-

печения, врачебный контроль и т. д. Они решаются ежедневно в каждой стране и в каждом полете с учетом конкретной программы.

«АПОЛЛОН» — «СОЮЗ»

В июле этого года состоится совместный американо-советский космический эксперимент, который должен решить ряд технических и медико-биологических проблем. Одна из таких проблем — переход человека из одногазовой в двухгазовую среду, и наоборот. Технически и методически этот вопрос решен, обе стороны согласились рационализировать системы корабля и снизить время нахождения человека в шлюзовой камере с 2 часов до 25 минут. В космосе уже побывали большие и долгосрочные орбитальные станции — наши «Салюты» и американские «Скайлэбы», в космосе уже летали люди разных профессий и национальностей, но впервые на борту орбитальной станции будет работать международный экипаж космонавтов! При этом, чем длительней полет, тем острее проблема экипажа. Особенно в многонациональных коллективах.

Функционирование в космосе двух разноязыких коллективов ставит перед исследователями новые задачи — разработку алгоритма функционирования, который превратит два коллектива, объединенных одной целью, в единый коллектив.

Эта проблема начала решаться на земле, а вернее, на воде. Работами Ю. А. Сенкевича, врача легендарных папирусных лодок «Ра», совместно с М. А. Новиковым было показано, что в многонациональном коллективе возникают общие закономерности

групповой динамики. Но в связи с недостаточно совершенным знанием языков усложняются контакты между людьми и профессиональное взаимодействие, наблюдается резкая затянута дискуссий, неустойчивость образовавшихся подгрупп и т. д. Именно первые две особенности необходимо учитывать при планировании деятельности многонационального двуязычного экипажа. Можно также ожидать осложнений в аварийных ситуациях или же в адаптационной фазе. Здесь уместно брать пример с радистов. В стрессовой обстановке любой радист «договорится» с радистом другой национальности, ибо они будут объясняться на одном языке — языке международного кода. Нечто подобное — может быть, своеобразный профессиональный «жаргон» — понадобится и для будущих многоцелевых и многонациональных космических экипажей.

Есть и другие проблемы: вопросы визуальной сигнализации, определение единых способов маркировки оборудования, стандартизации индикационных табло и сигнализаторов, рычагов управления и т. д.

Учитывая результаты уже проведенных исследований, а также данные, полученные американскими коллегами, можно решить проблемы, которые обсуждались в статье, с выбором наиболее оптимальных способов и методов единого функционирования. После отработки таких совместных полетов можно будет оказывать своевременную помощь экипажам кораблей, терпящим бедствие на орбите.

Кандидат физико-математических наук
Н. Н. КРУПЕНИО

Радиолокация Луны с космических аппаратов

МЕТОДЫ РАДИОЛОКАЦИИ

Космическая радиолокация Луны имеет многолетнюю историю. Еще в 1946 году академик Н. Д. Папалекси теоретически доказал возможность локации Луны с Земли. Он же определил основные характеристики радиолокатора, способного осуществить такой эксперимент. Идея Папалекси была реализована в том же 1946 году в Венгрии и США. Посланные к Луне короткие радиоимпульсы достигли ее поверхности, отразились и вернулись обратно к Земле, где были зарегистрированы осциллографами армейских радиолокационных станций, работавших в метровом диапазоне. Так возникла радиолокационная астрономия.

Небесные тела облучаются как короткими радиоимпульсами, так и непрерывным излучением. Различны и способы обработки принятого отраженного сигнала.

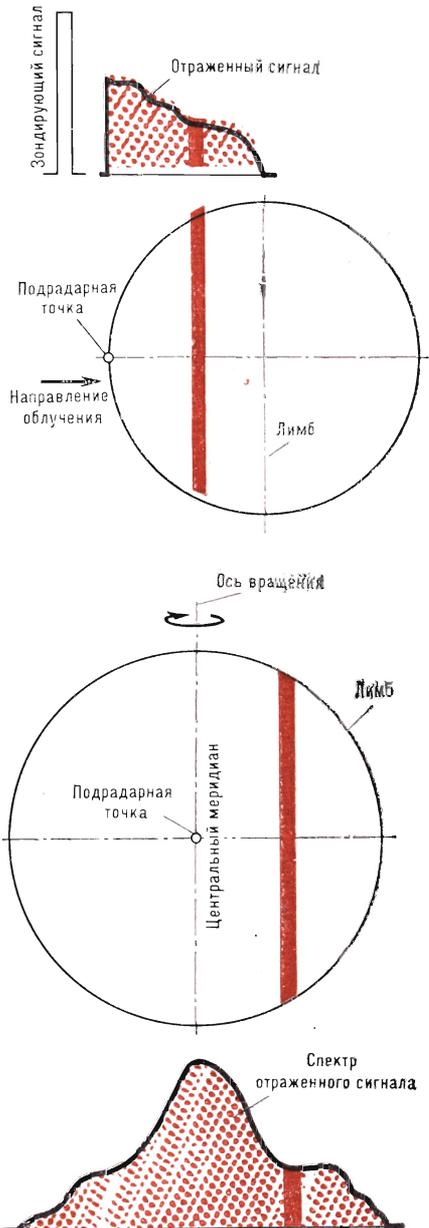
Пусть передатчик послал к небесному телу короткий высокочастотный импульс длительностью от десятых долей микросекунды до нескольких микросекунд. Распространяясь вдоль небесного тела, радиоволна отражается от его поверхности. Отраженный импульс растягивается, становится значительно больше по длительности облучающего (зондирующего) импульса. Так как условия отражения от разных участков поверхности различны (разные углы наблюдения, разная шероховатость поверхности и т. д.), то и амплитуды их отраженных сигналов будут различны. Чем больше угол наблюдения, тем меньше интенсивность отраженного сигнала.

3 февраля 1966 года на лунную поверхность мягко опустилась автоматическая станция «Луна-9». Во время посадки с нее был проведен первый в мире радиолокационный эксперимент по исследованию свойств другого небесного тела с близкого расстояния.

Если бы наземный радиолокатор был в состоянии зарегистрировать весь отраженный от небесного тела сигнал, то длительность этого сигнала была бы равна «радиолокационной глубине», то есть времени распространения радиоволны от подрадарной точки (угол наблюдения нулевой) до лимба небесного тела (угол наблюдения 90°). Однако практически невозможно уловить сигнал, отраженный вблизи лимба, поскольку он в 10^3 — 10^8 раз слабее сигнала, пришедшего от подрадарной области. Отраженный от Луны сигнал регистрировался до

■ *Импульсная радиолокация. Короткий зондирующий сигнал после отражения от небесного тела растягивается. Форма отраженного импульса определяется углом облучения и особенностями поверхностного слоя небесного тела*

■ *Радиолокация с непрерывным излучением. Спектр радиоволны после отражения преобразуется в спектр, интенсивность и частоты которого изменяются по мере удаления от центрального меридиана*



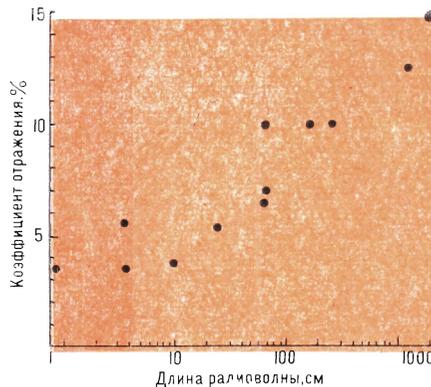


углов наблюдения $60\text{--}70^\circ$, от Марса — $20\text{--}30^\circ$. При измерениях расстояние между Землей и Луной составляло 400 тыс. км, а между Землей и Марсом — 70 млн. км.

Когда радиолокация осуществляется непрерывным излучением, то для разделения сигналов, отраженных от разных участков поверхности, используется эффект вращения небесного тела вокруг оси. Из-за вращения частота падающей (и отраженной) на поверхность тела радиоволны различна в разных районах (эффект Доплера). Изменение частоты распространяющихся радиоволн эквивалентно изменению их длины. А так как интенсивность отраженных сигналов от различных участков поверхности различна, то спектр отраженных радиоволн «неравномерный». Интенсивность сигнала уменьшается по мере удаления от центрального меридиана, где доплеровский эффект близок к нулю.

Сочетание этих двух методов радиолокационной астрономии оказалось весьма эффективным при картографировании Луны и Венеры. На радиолокационных картах отдельных участков Луны видны детали поперечником менее 1 км. Снимки Луны, полученные на оптических телескопах, имеют разрешение всего в 1,5—2 раза выше.

В спектре отраженного радиосигнала содержится информация о свойствах поверхностного слоя небесного тела. Но как расшифровать этот спектр? Десять лет, последовавших за первой радиолокацией Луны, были посвящены развитию теории отражения радиоволн от непроводящих гладких и шероховатых сферических



тел. Работы академика Л. М. Бреховских и М. А. Исаковича по рассеянию радиоволн неровными поверхностями и работы П. Бэкмана и Т. Хэгфорса, в которых рассматривалось отражение радиоволн сложными поверхностями, послужили основой для теории отражения радиоволн от Луны. Эта теория, дополненная другими теоретическими и экспериментальными исследованиями, позволила по амплитудным и частотным распределениям отраженного сигнала судить о рельефе и физических характеристиках вещества поверхностного слоя Луны.

ПЕРЕД СТАРТОМ К ЛУНЕ

Запуск первого искусственного спутника Земли показал, что возможность изучения Луны и планет кос-

■ *Коэффициент отражения радиоволн от поверхности Луны (по данным наземной радиолокации). С ростом длины волны коэффициент отражения увеличивается*

мическими аппаратами становится реальностью. Но чтобы полеты космических аппаратов к Луне были успешными, потребовалась более детальная и достоверная информация о ее поверхности.

С 1954 по 1964 год радиолокационные исследования Луны с Земли были проведены на 23 длинах волн, охватывающих диапазон от 0,86 см до 19,2 м. Впервые коэффициент отражения радиоволн лунной поверхностью измерили советские и американские радиоастрономы. Специалисты Горьковского научно-исследовательского радиопизического института под руководством профессора М. М. Кобриня определили, что коэффициент отражения на длинах волн 3 и 10 см не превышает 10%. Кстати, примерно такая же величина (7%) и коэффициент отражения Луны в оптическом диапазоне. Американские исследователи во главе с профессором Ж. Эвансом выполнили радиолокацию Луны на волне 2,5 м. Коэффициент отражения они тоже получили равным 10%. Такой же коэффициент отражения имеют земные песчаники или гравий — породы, достаточно плотные.

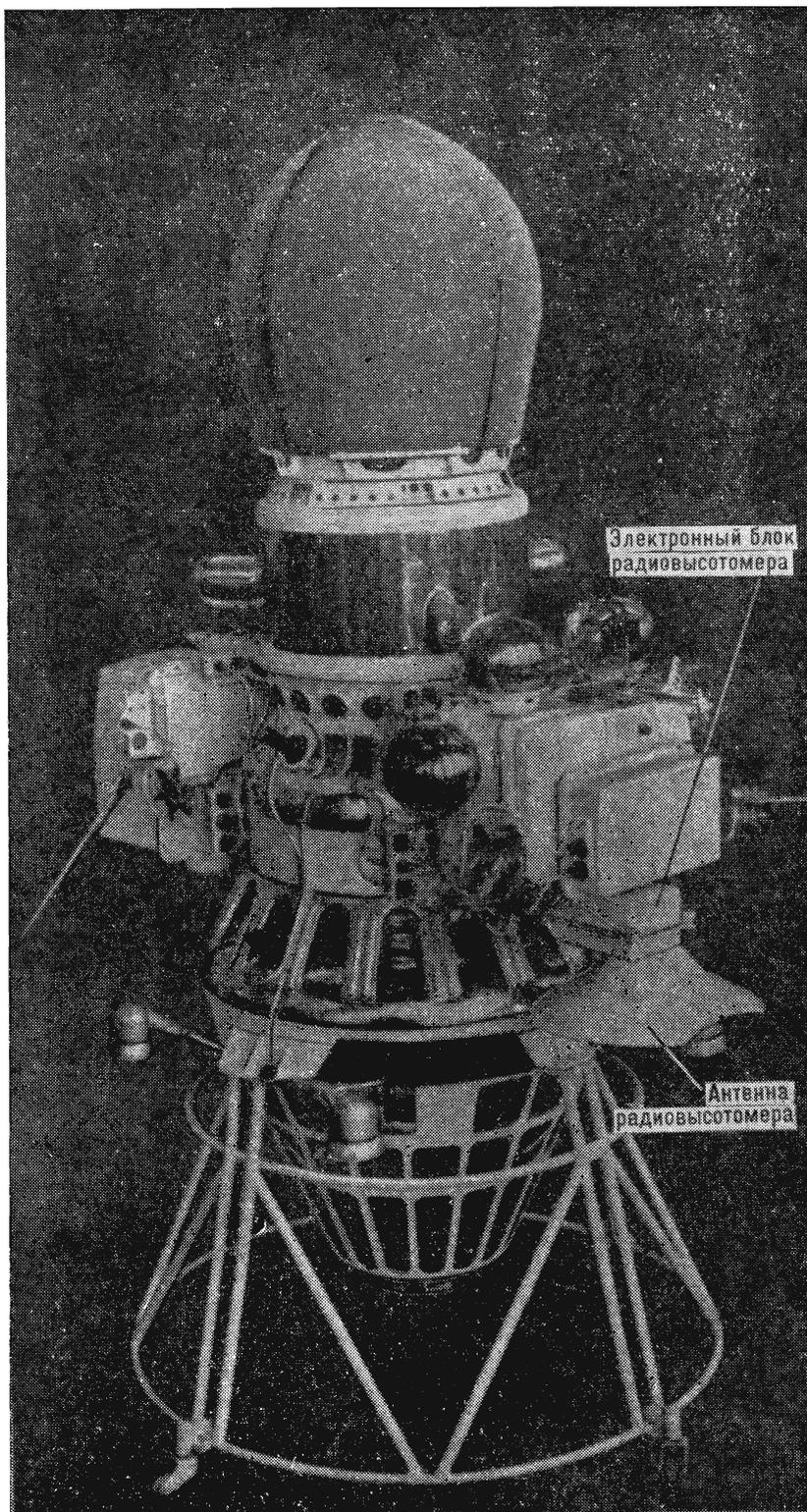
Дальнейшие радиолокационные наблюдения показали, что коэффициент отражения радиоволн лунной поверхностью в диапазоне 0,86—19,2 м увеличивается по мере роста длины волны от 3,5 до 15%. Такое увеличение может быть следствием уплотнения лунного грунта с глубиной. Аспирант Иркутского университета Ю. Г. Матвеев предложил модель верхнего покрова Луны, согласно которой грунт уплотнялся вглубь по экспоненциальному закону. Плотность самого верхнего (толщина 1 см) слоя состав-

ляла $0,6—0,8 \text{ г/см}^3$, а на глубине 5—10 м плотность вещества Луны уже соответствовала земным скальным породам ($3,0—3,5 \text{ г/см}^3$). Подобное распределение плотности давало расчетную зависимость коэффициента отражения с глубиной практически такую же, как и радиолокационные эксперименты.

Но какова структура поверхностного слоя Луны? Судя по наземным инфракрасным измерениям, Луну, казалось, должен покрывать слой пыли. Посадить на такой грунт космический аппарат затруднительно. Чтобы он не утонул в пыли, а удержался на поверхности, требовалась большая площадь «посадочных лыж».

Сотрудники Харьковской астрономической обсерватории под руководством академика АН УССР Н. П. Барабашова, проведя детальные поляризационные исследования в оптическом диапазоне, пришли к выводу, что поверхность Луны должна быть достаточно прочной и способной выдержать человека. Она имеет пористую, ноздреватую структуру и напоминает шлак, образующийся после сжигания каменного угля. Еще раньше метеорно-шлаковую модель Луны предложили ленинградские астрономы В. В. Шаронов и Н. Н. Сытинская.

Наблюдения радиоизлучения Луны в широком частотном диапазоне как на протяжении лунных суток, так и во время лунных затмений, выполненные членом-корреспондентом АН СССР В. С. Троицким и его сотрудниками, подтвердили, что плотность верхнего слоя Луны меняется с глубиной. Ученые предположили, что на глубине нескольких метров залегают скальные породы.



■ Автоматическая станция «Луна-9»

Таким образом, три различных метода современной астрономии — радиолокационный, оптический поляризационный и радиоастрономический — дали один и тот же результат: верхний слой Луны пористый и имеет небольшую толщину и достаточную прочность. Покров Луны, плотность которого увеличивается с глубиной, был открыт вторично экспериментальным путем — лунными автоматическими станциями и космонавтами «Аполлонов». Этот слой получил название реголита.

Перед запуском первых лунных автоматов некоторые конструкторы скептически относились к гипотезе о плотном непылевом лунном грунте. При разработке аппаратов они предусматривали специальные меры защиты от многометрового слоя лунной пыли. Конструкции аппаратов получались довольно громоздкими. Академик С. П. Королев, внимательно следивший за исследованиями Луны, как-то, рассердившись на неверующих, написал на компоновочном чертеже одного такого лунного аппарата: «На Луне пыли нет!». Дальнейшие конструкции лунных станций рассчитывались уже на непылевой грунт, способный выдержать достаточную нагрузку.

РАБОТАЕТ «ЛУНА-9»

Первой достигла лунной поверхности автоматическая станция «Луна-2» в 1959 году. Она предназначалась для исследования окололунного пространства и потому не имела системы мягкой посадки. Мягкую посадку на лунную поверхность впервые осуществила «Луна-9» в 1966 году. Эту

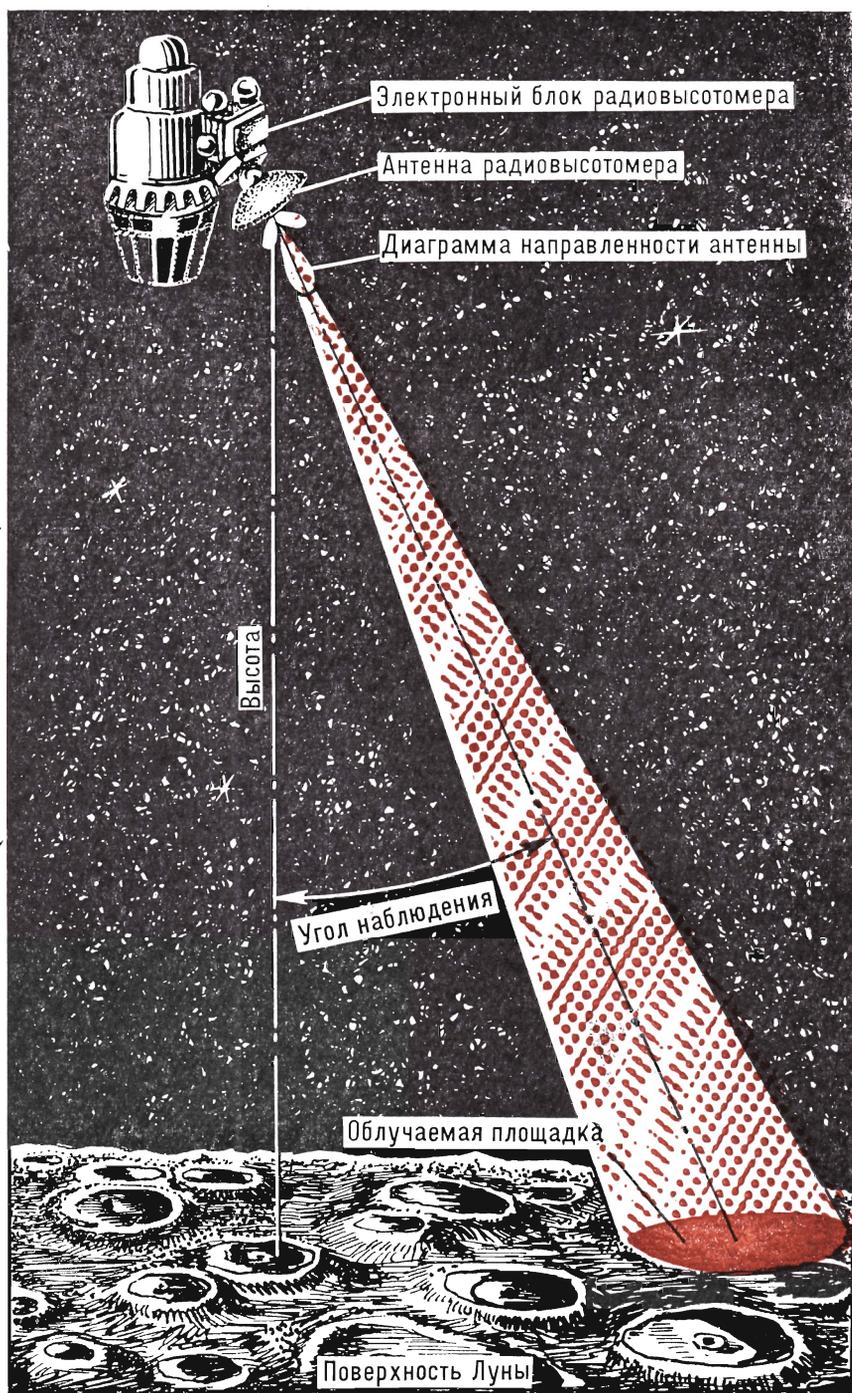
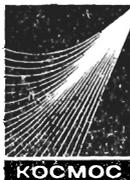


Схема радиолокационного эксперимента с автоматической станцией «Луна-9». Через узконаправленную антенну радиовысотомера излучает-

ся короткий импульс. Он отражается от лунной поверхности и регистрируется тем же радиовысотомером, который также измеряет высоту полета станции



станцию создал коллектив ученых и конструкторов, возглавлявшийся членом-корреспондентом АН СССР Г. Н. Бабакиным.

Полет «Луны-9» принес много новой информации о лунной поверхности. Сам факт мягкой посадки подтвердил правильность выводов советских ученых о свойствах вещества верхнего покрова Луны. На уникальной фотопанораме, снятой телефотометром станции, предстала Луна без каких-либо следов многометровой пыли. Лунный грунт оказался ноздреватым, как и предполагал Н. П. Барабашов. «Луна-9» окончательно отвергла пылевую гипотезу, так ярко описанную в книге американского ученого и фантаста А. Кларка «Лунная пыль».

«Луна-9» получила и количественную оценку плотности грунта. Установленный на станции радиовысотометр измерил характеристики отражения радиоволн поверхностью Луны и определил плотность ее грунта.

Этот радиолокационный эксперимент производился следующим образом. Еще до посадки, на расстоянии около 8300 км над лунной поверхностью, станция «Луна-9» была развернута по команде с Земли так, что ее дальнейший полет проходил перпендикулярно к лунной поверхности. На высоте около 500 км был включен радиовысотометр, который работал до выдачи им команды включения тормозного двигателя. С высоты 270 км до 75 км прибор измерял характеристики отражения радиоволн лунной поверхностью.

Передатчик радиовысотометра через узконаправленную антенну излучал импульсный сигнал на волне

3,2 см. Этот сигнал отражался от Луны и возвращался обратно. Приемник радиовысотометра регистрировал интенсивность сигнала, а измерительная схема — его время запаздывания относительно излученного передатчиком сигнала, то есть фиксировала расстояние космической станции до лунной поверхности. «Луна-9» опустилась почти вертикально (угол наклона на участке спуска не превосходил 6°), поэтому радиовысотометр практически измерял высоту полета. Информация о высоте полета, интенсивности отраженного сигнала и ориентации автоматической станции относительно поверхности Луны поступала через телеметрическую систему на Землю. Все эти данные позволили определить характеристики отражения радиоволн веществом верхнего покрова Луны.

ПЛОТНОСТЬ ЛУННОГО ГРУНТА

«Луна-9» измеряла интенсивность отраженного сигнала и ее зависимость от угла наблюдения и высоты полета. Но чтобы определить из этих данных коэффициент отражения, потребовались специальные расчеты, которые позволили автору статьи установить довольно простое соотношение между характеристиками отраженного сигнала и коэффициентом отражения. Как было показано еще французским ученым О. Френелем, коэффициент отражения (R) связан с электрическими свойствами грунта, его диэлектрической проницаемостью (ϵ):

$$\epsilon = \left(\frac{\sqrt{R} + 1}{\sqrt{R} - 1} \right)^2.$$

Но исследователей интересовали не только электрические, но и физико-

механические особенности лунного грунта. Измерив электрические и механические свойства различных земных пород, советский радиофизик В. Д. Кротиков в 1959—1961 годах нашел связь между диэлектрической проницаемостью вещества и ее плотностью (ρ):

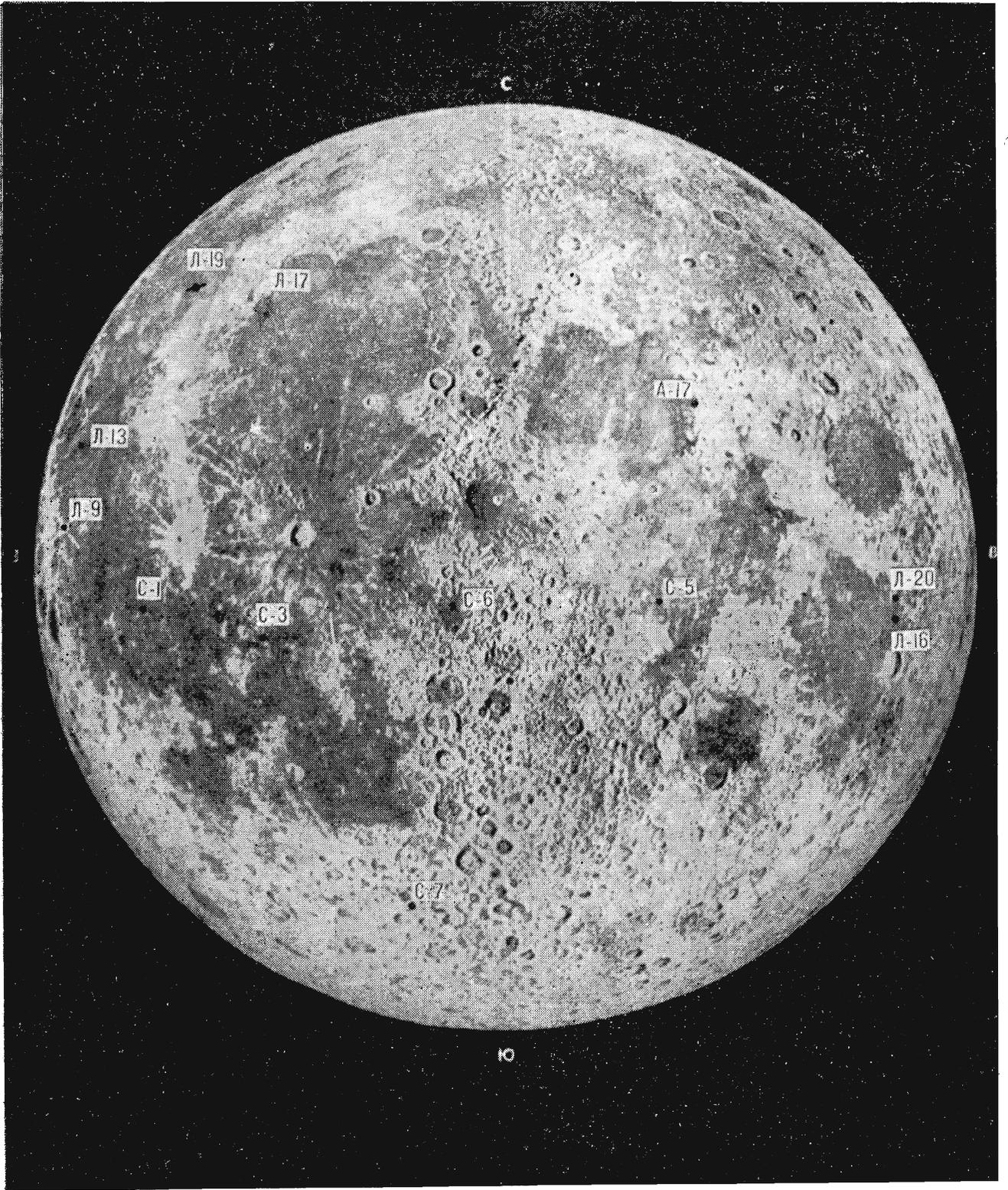
$$\rho \approx 2(\sqrt{\epsilon} - 1).$$

Эта зависимость справедлива для многих обезвоженных пород Земли — от гранитов до базальтов. Таким образом, радиолокационный метод позволил определить не только характеристики отражения, но и оценить плотность лунного грунта.

«Луна-9» провела всего девять измерений высоты и интенсивности отраженного сигнала. Выполненные по этим измерениям расчеты показали, что в месте посадки этой станции грунт имеет диэлектрическую проницаемость $3,2 \pm 1,2$ и плотность $1,48 \pm 0,62$ г/см³. Это — средние данные для верхнего покрова толщиной 15—30 см. Так была впервые определена плотность лунного грунта дистанционным методом.

В конце 1966 года к Луне была запущена автоматическая станция «Луна-13». На ней был установлен такой же радиовысотометр, как и на «Луна-9». Но лучшая чувствительность прибора и больший коэффициент отражения поверхности в районе посадки станции «Луна-13» по сравнению с местом посадки «Луны-9» позволили начать измерения на высоте 540 км и продолжить их до высоты 75 км. Было проведено девятнадцать измерений высоты и интенсивности отраженного сигнала.

После обработки результатов ра-





диокационного эксперимента со станции «Луна-13» оказалось, что в районе ее посадки диэлектрическая проницаемость вещества равна $5,7 \pm \pm 2,9$, а плотность $2,63 \pm 1,23$ г/см³. Согласно радиолокационным данным, вещество верхнего покрова Луны в месте посадки станции «Луна-13» более плотное, чем там, где опустилась «Луна-9».

Плотность грунта, определенную из радиолокационных наблюдений со станции «Луна-13», можно было сравнить с результатами прямых измерений плотности гамма-плотномером, который был установлен на этой же станции. Гамма-плотномер показал, что плотность грунта равна 0,8 либо 2,1 г/см³.

Для районов посадки станций «Луна-9» и «Луна-13» харьковские астрономы Н. П. Барабашов и В. И. Езерский измеряли степень поляризации отраженного Луной солнечного света. Они подтвердили, что в месте посадки «Луны-13» грунт значительно плотнее, чем в районе посадки «Луны-9». Таким образом, два радиолокационных эксперимента, выполненные аналогичной аппаратурой и по аналогичной схеме, дали качественно и количественно сопоставимые результаты

На этой карте видимого полушария Луны отмечены места, где радиолокационным методом исследовались характеристики лунного грунта. Аппараты, с которых проводились исследования, — станции серии «Луна», «Сервейер» и «Аполлон» обозначены соответствующей начальной буквой и номером

как между собой, так и с другими экспериментами. «Луна-9» положила начало радиолокационным экспериментам, проводившимся позднее на советских автоматических станциях серии «Луна» и американских «Сервейер» и «Аполлон».

Радиолокационные наблюдения с космических аппаратов, находящихся на небольших расстояниях от поверхности Луны, могут осуществляться не только методом импульсной радиолокации, как было на станциях «Луна-9» и «Луна-13», но и радиолокацией с непрерывным излучением. Так, на станциях «Луна-16, -17, -18, -20, -21» и «Сервейер-1, -3, -5, -6, -7» радиовысотомеры работали с непрерывным излучением. Они измеряли высоты от 2,5 км и до лунной поверхности. Одновременно радиовысотомеры определяли интенсивность отраженного сигнала, что позволило вычислить характеристики отражения радиоволн лунной поверхностью, а затем и коэффициент отражения, диэлектрическую проницаемость и плотность грунта Луны. Была также оценена степень неровности поверхности в пределах облучаемого участка. Оказалось, что все станции серии «Луна» и «Сервейер» опускались на относительно ровные площадки с небольшим количеством крупных камней. «Не повезло» лишь «Сервейеру-7». Он совершил посадку в районе лучевой системы кратера Тихо, где было много камней и каменных глыб. Здесь средний угол наклона поверхности 15° — в 1,5 раза выше, чем в местах посадки других станций.

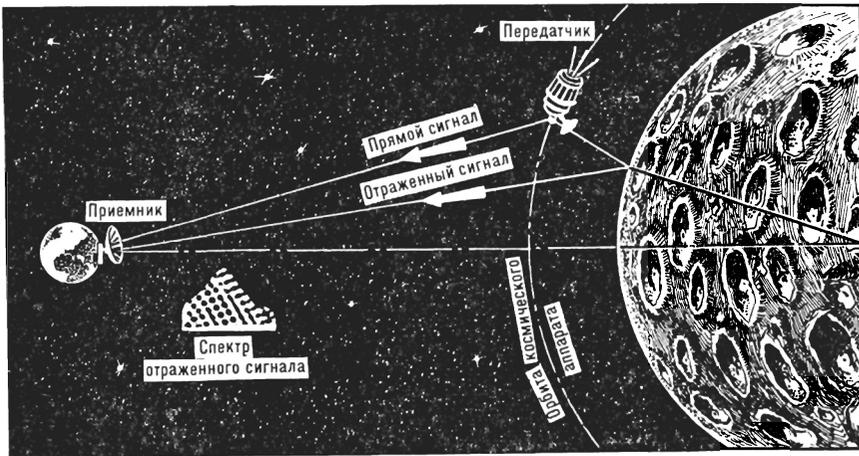
На автоматических станциях «Луна-16, -17, -20 и -21» наряду с радиолокационными экспериментами

измерялись физико-химические характеристики лунного грунта. Определялась и его плотность. Поэтому удалось сравнить величины плотностей, полученных радиолокационными и прямыми измерениями. Результаты совпали с точностью до 20—30%. Такое же совпадение отмечено почти на всех автоматических станциях серии «Сервейер». Это еще одно подтверждение правомерности радиолокационных определений плотности лунного грунта.

Что же узнали ученые о плотности верхнего слоя Луны после радиолокационных экспериментов? Грунт Луны в разных районах имеет разную плотность. В среднем она меньше в морских областях и больше в материковых. В слое толщиной до полуметра плотность может изменяться в 1,5 раза даже примерно в одинаковых по геологическому строению районах. Самая высокая плотность зарегистрирована в месте посадки станции «Луна-13» ($2,63 \pm 1,23$ г/см³, морская область) и «Сервейер-7» ($1,6 \pm 0,2$ г/см³, материковая область), а самая низкая — $0,65$ г/см³ — с борта «Луны-20».

БИСТАТИЧЕСКАЯ РАДИОЛОКАЦИЯ ЛУНЫ

На лунных спутниках применялся еще один метод радиолокации — бистатический. В этих экспериментах передающая аппаратура находилась на спутнике, а приемная — на Земле, в отличие от автономной радиолокации, когда приемная и передающая аппаратура располагалась на космической станции. Приемник регистрировал как прямой сигнал от передачи-



ка, так и отраженный от лунной поверхности. Исследования спектра отраженного сигнала и отношения амплитуд прямого и отраженного сигналов позволили оценить диэлектрическую проницаемость и плотность грунта, усредненную по обширным областям. Бистатическая радиолокация проводилась в дециметровом и метровом диапазонах на станциях «Луна-10, -11, -12, -14, -19», а также на станциях «Эксплорер-35» и «Аполлон-14, -15».

Согласно этим экспериментам, лунный грунт на глубине плотнее, чем на поверхности. В некоторых районах,

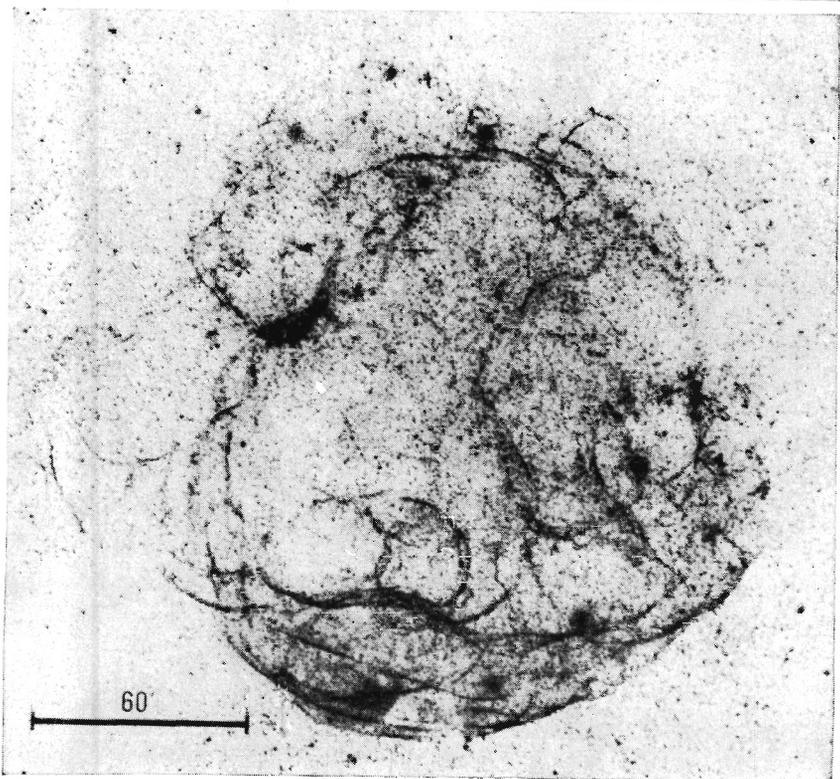
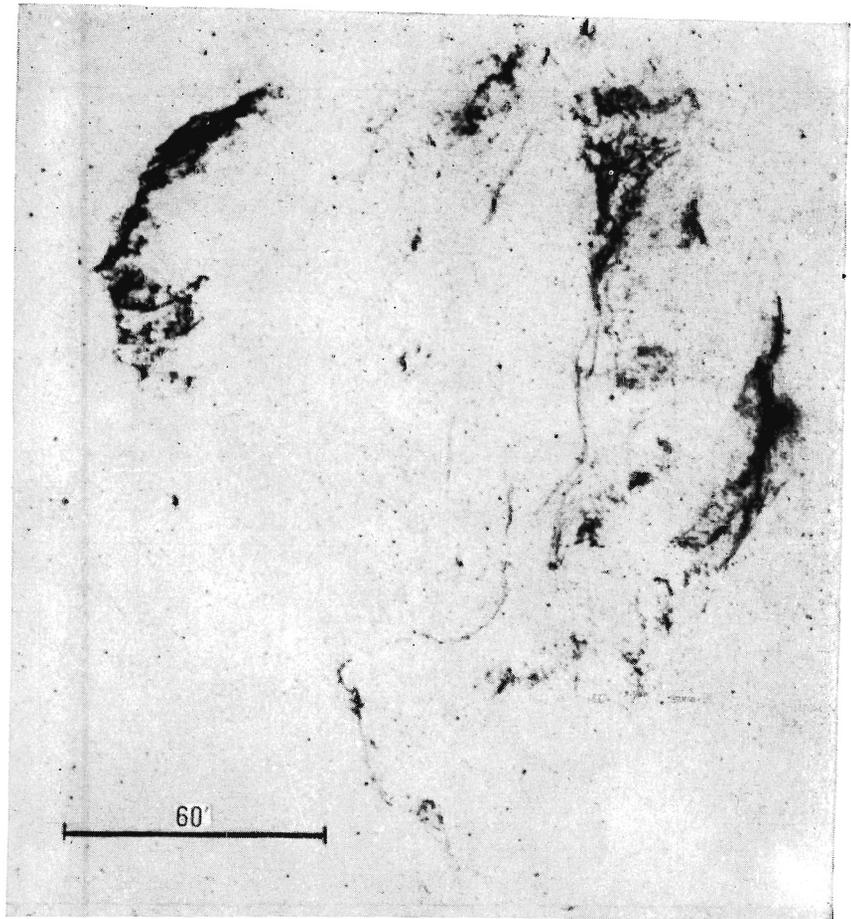
■ *Бистатическая радиолокация. Передатчик, установленный на искусственном спутнике Луны, посылает радиоволны к ее поверхности. Наземный приемник регистрирует прямой и отраженный от Луны сигналы*

главным образом материковых, в 5—8 м от поверхности плотность грунта соответствует скальным породам (2,9—3,2 г/см³). Измерения спектра отраженного сигнала показали, что по его изменению можно довольно надежно отличить равнинный (морской) район от горного (материкового). Спектр сигнала, пришедшего от лунных гор, существенно шире, чем от равнин.

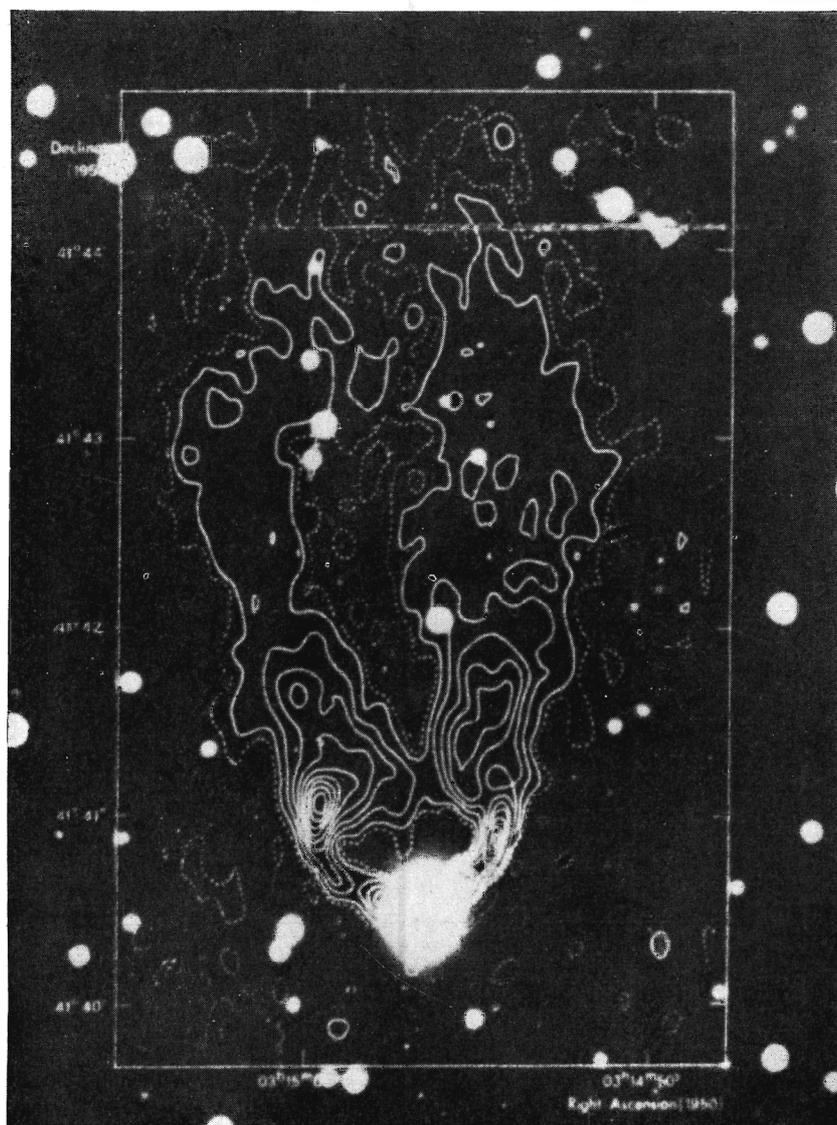
Интересный эксперимент по бистатической радиолокации выполнен на Луне космонавтами «Аполлона-17». Они осуществили радиопросвечивание грунта на шести частотах метрового и дециметрового диапазонов. Передатчик посадочной ступени через размещенную на поверхности Луны антенну 70-метровой длины излучал радиоволны, которые проходили в глубь Луны и распространялись вдоль ее поверхности. Приемник, расположенный на электромо-

который перемещался по Луне, принимал и прямой сигнал, и сигнал, отраженный лунным поверхностным слоем. Биения этих двух сигналов (интерферограммы) записывались магнитофоном, установленным на электромо- биле, и были расшифрованы после возвращения космонавтов на Землю. Обработка подтвердила, что плотность лунного грунта изменяется с глубиной. На поверхности она равна 1,5—2 г/см³. Коренные же породы имеют плотность 2,5—2,9 г/см³. Эти величины совпадают с данными расчетов и прямых измерений плотности лунных пород, доставленных на Землю автоматическими станциями «Луна-16, -20» и космонавтами «Аполлонов».

Радиолокационные эксперименты из окололунного пространства дали исследователям много новой информации о рельефе и грунте Луны. Большинство этих экспериментов проводилось не специальной, а «служебной» аппаратурой, основная задача которой — обеспечить нормальную работу космических станций в полете. Выполнение одними и теми же приборами научных и технических задач особенно ценно в условиях космоса, когда энергетические возможности ракеты-носителя ограничивают вес научной аппаратуры. Поэтому перед такими методами открыты широкие перспективы при исследовании планет Солнечной системы и их спутников.



■ ■ ■
Известные тонковолокнистые туманности, остатки вспышек сверхновых — Петля в созвездии Лебедя [вверху] и туманность Симеиз 147. (К статье Т. А. Лозинской)



■
 Кометообразный радиисточник 3C 129. Заметна двойственная структура «хвоста». Изображение получено на частоте 1415 Мгц

■
 Фотография галактики NGC 1265, совмещенная с ее радиоизображением на частоте 500 Мгц



Доктор физико-математических наук
В. Н. КУРИЛЬЧИК

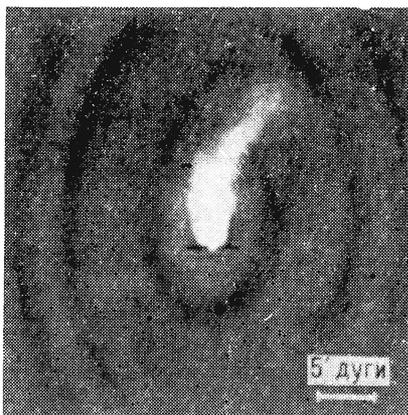
Кометообразные радиогалактики

«КОМЕТЫ» В СКОПЛЕНИЯХ ГАЛАКТИК

Первые сведения о необычных радиоисточниках в скоплениях галактик были получены в 1968 году. На только что созданном в Кембридже одномильном радиоинтерферометре известный английский астроном М. Райл и М. Виндрам исследовали структуру радиоисточников в богатом скоплении галактик в созвездии Персея. Они обнаружили, что на частоте 1407 МГц изображения двух радиогалактик NGC 1265 и IC 310 имеют сильно вытянутую форму. Эти радиогалактики не самые мощные в скоплении. Намного превосходит их по мощности радиоизлучения ярчайшая галактика скопления NGC 1275. Ее излучение в сантиметровом диапазоне переменено, что свидетельствует о высокой активности ядра галактики. Райл и Виндрам обратили внимание на то, что проекции «хвостов» NGC 1265 и IC 310 на небесную сферу направлены от активной радиогалактики скопления в созвездии Персея. Это обстоятельство послужило основанием для первой гипотезы о происхождении «хвостов» у радиогалактик.

Райл и Виндрам предположили, что из NGC 1275 истекает сильный галактический «ветер». Его релятивистские частицы, движущиеся со скоростями, близкими к скорости света, налетают на соседние галактики NGC 1265 и IC 310 и «сдувают» структуру их магнитных полей. Попадая в магнитные поля этих галактик, релятивистские электроны обуславливают их синхротронное радиоизлучение. Однако гипотезу Райла и Виндрама вскоре оп-

В скоплениях галактик обнаружены радиоисточники, внешне напоминающие кометы. В голове такой «кометы» обычно располагается оптическая галактика, и от нее на сотни килопарсек тянется «хвост», излучающий в радиодиапазоне.



ровергли новые данные наблюдений.

В том же скоплении галактик в созвездии Персея был открыт третий кометообразный радиоисточник. Связанная с ним оптическая галактика довольно слаба и не входит в известные каталоги туманностей «New General Catalogue» (NGC) или «Index Catalogue» (IC). У этого радиоисточника «хвост» оказался ориентирован приблизительно в направлении активной

Кометообразная радиогалактика NGC 1265. Она входит в состав скопления галактик в созвездии Персея. Изображение получено на частоте 1415 МГц

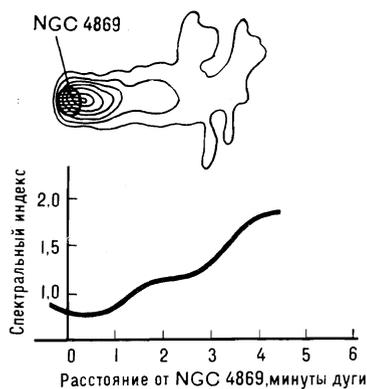
галактики NGC 1275, а не от нее, как у NGC 1265 и IC 310. Кроме того, детальное исследование структуры кометообразных объектов на новом радиоинтерферометре в Вестерборке (Голландия) показало, что такие галактики активны как радиоисточники сами по себе, а не возбуждаются соседними более мощными источниками.

«Радиокометы» обнаружены и в других скоплениях галактик, например в богатом скоплении в созвездии Волос Вероники. Таких объектов известно пока немного, меньше десятка. Однако по мере того как будут исследованы более далекие скопления галактик, число кометообразных радиоисточников, по-видимому, существенно возрастет.

«ХВОСТЫ» ФОРМИРУЕТ... ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

За последние годы выполнены детальные поляризационные и спектральные наблюдения «хвостатых» радиогалактик, исследовалась их тонкая структура. Что же теперь знают астрономы об этих необычных объектах?

Синхротронный механизм их радиоизлучения не вызывает сомнений. Как известно, по характеру линейной поляризации источников синхротронной природы можно судить о структуре их магнитного поля. Оказалось, что магнитное поле в «хвостах» кометообразных радиогалактик имеет не запутанную, а регулярную, упорядоченную структуру. Иногда линейная поляризация радиоизлучения отдельных областей в «хвостах» достигает 60%. (Заметим, что в случае строго упорядоченного по направлению маг-



нитного поля максимально возможная поляризация составляет около 70%.) Регулярный характер поля в «хвостах» — важное обстоятельство для понимания природы кометообразных источников.

Интересен результат спектральных исследований. Интенсивность непрерывного радиоизлучения внегалактических объектов обычно уменьшается с увеличением частоты. Эта зависимость степенная, то есть интенсивность излучения I_ν на частоте ν подчиняется закону $I_\nu \sim \nu^{-\alpha}$. Спектральный индекс α характеризует не только непрерывный спектр радиосточников, он служит одновременно и характеристикой степенного спектра релятивистских электронов, порождающих синхротронное излучение в том или ином радиосточнике. У кометообразных радиогалактик спектральный индекс изменяется по мере продвижения от «головы» к «хвосту». Причем изменение индекса не непрерывное, а, скорее, ступенчатое, скачкообразное. Никакого «обрыва» в области высоких частот даже на периферии «хвостов» не зарегистрировано. Значит, на больших расстояниях (сотни килопарсек!) от оптических галактик, ядра которых генерируют космические лучи (в том числе и релятивистские электроны), существуют электроны больших энергий. Они не успели потерять значительную часть своей энергии за счет синхротронного излучения. Этот факт также очень важен для выяснения природы «радиокомет».

Сразу же после первых наблюдений тонкой структуры кометообразных источников исследователи обратили внимание на парный характер

радиокомпонентов в их «головах» и «хвостах». Например, «голова» NGC 1265 представляет собой два сдвинутых в одну сторону от галактики ярких радиокомпонента. При высоком разрешении они распадаются на пары более компактных деталей структуры. Самые мощные и, как правило, самые компактные из них располагаются ближе к оптическому объекту.

Двойственность структуры присуща многим мощным радиогалактикам и квазарам. («Земля и Вселенная», № 3, 1968 г., стр. 32—38.— Ред.) Как и у этих объектов, двойственная структура кометообразного радиосточника создана самой галактикой, которая находится в «голове» источника. «Хвост» радиоизлучающей материи, тянущийся за NGC 1265, отставание от оптической галактики пар компонентов радиоизлучения в «голове», — по видимому, результат значительной скорости движения NGC 1265 в довольно плотной межгалактической среде скопления. И это не удивительно, так как, согласно спектроскопиче-

■ *Радиоизображение галактики NGC 4869 на частоте 1407 Мгц. Этот объект — член богатого скопления галактик в созвездии Волос Вероники*

■ *Изменение спектрального индекса вдоль «хвоста» радиогалактики NGC 4869. Спектральный индекс определялся на двух частотах 1407 и 408 Мгц*

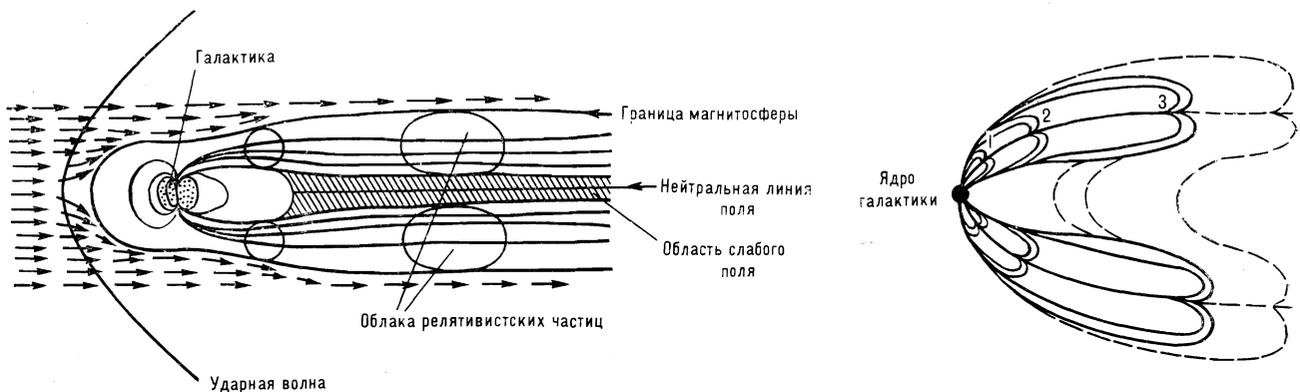
ским наблюдениям, NGC 1265 перемещается относительно галактик всего скопления в целом (только по лучу зрения!) со скоростью 2,3 тыс. км/сек. Скоростной напор вещества внутри скопления «сдувает» радиоструктуру галактики в сторону, противоположную ее движению.

Феномен кометообразных радиогалактик, без сомнения, тесно связан с распространенным явлением двойных радиосточников. Во всяком случае, характерная двойственность структур, деформированных вследствие быстрого движения галактики внутри скопления, в довольно плотной газовой среде, свойственна всем кометообразным радиосточникам.

ПРИРОДА КОМЕТООБРАЗНЫХ РАДИОИСТОЧНИКОВ

Обнаружив в 1973 году парные радиокомпоненты в «голове» радиогалактики NGC 1265, английский астроном Г. Милей и его голландские коллеги попытались объяснить это явление традиционным для двойных источников образом. Из ядра активной галактики в результате последовательных взрывных процессов выбрасываются в противоположных направлениях изолированные радиосточники. Они тормозятся в газовой среде скопления, постепенно отстают от быстро движущейся галактики и медленно расширяются.

Однако структура радиокомпонентов и спектральный состав радиоизлучения «хвостов» не согласуются с этой моделью. Если компоненты выбрасываются из ядра, каждый из них должен иметь свой «хвост», направление которого составляло бы значи-



тельный угол к «хвосту» радиогалактики. В самом деле, вектор скорости компонента складывается из скорости движения галактики и скорости компонента при его выбросе из ядра и в дальнейшем лишь уменьшается по величине из-за торможения, сохраняя свое начальное направление. Собственных «хвостов» у них не наблюдается. Радиоконтакты, скорее всего, вытянуты по дуге, которую образует деформированная движением галактики «ось выбросов» радиоизлучающей материи.

Голландский теоретик В. Яффе и его итальянский коллега Г. Перола показали, что неизбежные в традиционной модели двойного радиоисточника потери энергии за счет расширения компонентов и синхротронного излучения обусловили бы существенно иное изменение спектрального индекса от «головы» кометообразной галактики вдоль ее «хвоста», чем то, которое наблюдается. Они предложили другое объяснение явления «хвостатых» радиоисточников.

Пусть галактика или ее ядро имеет биполярное (например, дипольное) магнитное поле. Это поле вследствие движения галактики в газовой среде скопления деформируется. За галактикой появляется «хвост» магнитного поля, аналогичный «хвосту» магнитосферы Земли, который образуется в результате давления на ее магнитное поле солнечной корпускулярной радиации — солнечного ветра. В магнитное поле галактики из ядра выбрасываются релятивистские частицы. Они распространяются практиче-

ски свободно, без существенных потерь энергии на расширение. Пара компонентов радиоизлучения — это отдельные сгустки (облака) релятивистских частиц, которые выброшены из ядра одновременно в двух полюсах его магнитного поля. «Магнитосферная» модель лучше согласуется и с упорядоченным характером магнитного поля в «хвостах» кометообразных радиоисточников, и с наблюдаемым спектральным составом радиоизлучения «хвостов».

Вместе с тем, на наш взгляд, эта модель требует дальнейшей разработки и уточнения. Ступенчатое изменение спектрального индекса при движении от «головы» к «хвосту» радиоисточника не случайно. Оно, по-видимому, означает, что напряженность магнитного поля существенно падает в этом направлении. Чем слабее магнитное поле, тем больше энергия электронов, дающих основной вклад в радиоизлучение на определенной частоте. Поэтому в разных элементах структуры «хвоста» радиоисточника излучают электроны различных энергий с разным степенным характером их спектра.

Между тем в «магнитосферной»

■ *«Магнитосферная» модель кометообразного радиоисточника*

■ *«Магнитосферная» модель кометообразного радиоисточника с петлевой конфигурацией магнитного поля. Области 1, 2 и 3, где поле петель сжато, соответствуют ярчайшим участкам в «хвостах» источников*

модели Яффе и Перолы нельзя получить большого падения напряженности магнитного поля, поскольку поперечные размеры «хвостов» увеличиваются с расстоянием довольно слабо. Если же магнитные силовые линии образуют петли, как бы сбрасываемые ядром галактики, то при такой конфигурации поля возможно значительное падение его напряженности, хотя поперечные размеры «хвостов», по-прежнему, будут мало изменяться с расстоянием от галактики. Поле в компонентах радиоизлучения не изолировано, а связано с ядром галактики. Релятивистские частицы могут поступать из ядра непрерывно. Возможность регулярного движения электронов в магнитном поле со скоростью, близкой к скорости света, позволяет объяснить, почему при сравнительно малом времени жизни (относительно потерь энергии на синхротронное излучение) релятивистские электроны все же успевают уйти из «головы» радиоисточника в его «хвост», на расстояния, достигающие иногда 0,5 Мпс.

Открытие кометообразных радиоисточников и наиболее вероятная теоретическая интерпретация их природы свидетельствуют о том, что радиогалактики появляются не в результате кратковременного катастрофического взрыва ядра. Это — хотя и непродолжительная по сравнению со временем жизни галактики, но более или менее непрерывная фаза высокой активности процессов энерговыделения в ядре, приводящая к образованию радиоисточника.

**КАКОВА ПЛОТНОСТЬ
МЕЖГАЛАКТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ?**

Кометообразные радиогалактики, вероятно, порождены динамическим давлением газовой среды скопления галактик на радиисточник, образуемый быстро движущейся в этой среде звездной системой. Иные возможности объяснения их природы представляются менее перспективными. Что можно сказать сейчас о межгалактической среде скоплений?

Динамическое давление окружающей среды уравнивает, по крайней мере в «голове» радиисточника, давление магнитного поля и содержащихся в нем космических лучей. Минимальную напряженность магнитного поля можно оценить по мощности радиоизлучения и наблюдаемому размеру источника, если предположить равенство плотности энергии поля и релятивистских частиц. Это позволяет получить нижний предел плотности газовой среды внутри скопления галактик. Она составляет 10^{-27} — 10^{-28} г/см³ (10^{-3} — 10^{-4} атомов водорода в 1 см³). Это — довольно высокая плотность по сравнению, например, с критической плотностью вещества в Метагалактике — 10^{-29} г/см³. Напомним, что критическая плотность определяет грань в картине эволюции Метагалактики. Если средняя плотность вещества в Метагалактике меньше критической, Метагалактика расширяется неограниченно, если же больше, то наблюдаемое сейчас расширение сменится впоследствии сжатием.

Конечно, из полученных оценок вовсе не следует, что такая довольно высокая плотность среды соответст-

вует всей Метагалактике. Можно лишь предположить, что концентрация газа в скоплениях галактик сравнительно высока. Этот вывод очень важен для более глубокого изучения самих скоплений — их природы, устойчивости и т. д. В частности, чтобы скопления галактик были устойчивы, то есть галактики при наблюдаемом разбросе их скоростей не разлетались бы из скопления, требуется существенно большая «скрытая» масса скопления, а следовательно, и большая концентрация вещества вне галактик.

Недавно в ряде скоплений галактик обнаружены протяженные рентгеновские источники. По-видимому, мы имеем здесь еще одно наблюдательное проявление межгалактической среды. Дальнейшие исследования, будем надеяться, дадут более определенные сведения о газовой среде скоплений галактик. Во всяком случае, от теоретических представлений и гипотез астрономы перешли к конкретному изучению межгалактической среды на основе наблюдательных данных.

Глубокоуважаемый товарищ редактор!

В № 4 Вашего журнала за 1973 год был опубликован текст моего доклада, сделанного на Общем собрании Академии наук СССР, посвященном 500-летию со дня рождения Николая Коперника. К сожалению, одно из предложений оказалось искаженным. В напечатанном тексте говорится (стр. 17, 3-я колонка, 2-й абзац сверху): «Тот факт, что спиральные рукава, в которых расположены звездные ассоциации, во многих случаях непосредственно начинаются в ядре галактики, свидетельствует скорее в пользу ядерного происхождения тех масс газа, из которых формируются звездные ассоциации и звезды».

Между тем, в докладе вместо слов «тех масс газа» фигурировало лишь слово «масс». В результате у читателя может получиться впечатление, что мною не отрицается гипотеза о возникновении звезд из газа.

Следует отметить, что текст того же доклада опубликован в «Вестнике Академии наук СССР» (№ 5, 1973 г., стр. 46—56) и там указанной ошибки нет. Очевидно, ошибка вкралась в тот экземпляр текста, который оказался в Вашей редакции.

Для читателей журнала «Земля и Вселенная» я хочу сообщить, что на самом деле в свете новейших открытий в астрофизике я отношусь к гипотезе о возникновении звезд из газа гораздо более скептически, чем раньше.

**С искренним уважением
академик В. А. АМБАРЦУМЯН**

31 декабря 1974 года



Кандидат физико-математических наук
Т. А. ЛОЗИНСКАЯ

Петли галактического радиоизлучения

Если бы наш глаз был чувствителен к радиолучам, то мы увидели бы на небе многочисленные радиоисточники и широкую яркую полосу на месте привычного нам Млечного Пути. Некоторые радиоисточники лежат далеко за пределами Галактики, другие отождествляются с галактическими объектами — остатками вспышек сверхновых звезд, планетарными туманностями, областями ионизованного газа. Яркая полоса — «радиоастрономический» Млечный Путь — это непрерывное радиоизлучение нашей Галактики. Оно характеризуется сильной концентрацией к галактической плоскости и к центру Галактики, расположенному в созвездии Стрельца. От «радиоастрономического» Млечного Пути отходят протяженные «языки», или «отроги» — яркие в радиолучах образования, простирающиеся на несколько десятков градусов. В оптическом диапазоне никаких крупномасштабных особенностей в этих направлениях пока не обнаружено.

Полные обзоры космического радиоизлучения показали, что два «языка» в северном галактическом полушарии представляют собой единую структуру — Северный Полярный отрог — малый круг на небесной сфере диаметром 110° . Другая такая же крупномасштабная деталь радиоизлучения открыта в южном галактическом полушарии и названа Арка Кита. На современных картах неба выделяются еще один или два круга с повышенной радиояркостью, но они прослеживаются не столь уверенно. В научной литературе Северный Полярный отрог обычно называют Петлей I, Арку Кита — Петлей II, а два дру-

Читатель журнала А. П. Аникин (г. Архангельск) заинтересовался природой «языков» космического радиоизлучения, о которых он узнал из книги И. С. Шкловского «Вселенная, жизнь, разум». Что известно сейчас астрономам об их происхождении?

гих образования — Петлей III и Петлей IV.

Какова природа этих петель? И, прежде всего, каков их истинный размер? Занимают ли они на небе такую большую область потому, что находятся рядом с нами, или масштаб явления сравним с размерами нашей Галактики?

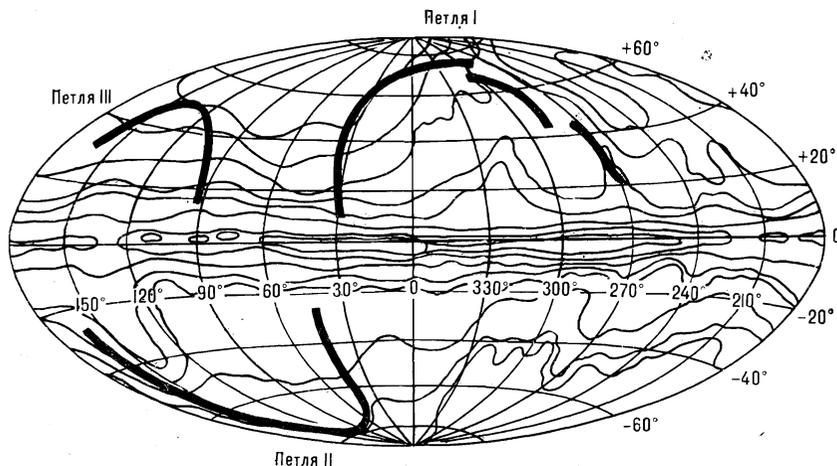
За последние 10—15 лет появилось несколько гипотез, объясняющих происхождение петель. Одна из них утверждает, что петли являются крупномасштабными деталями структуры галактического магнитного поля, выходящими за пределы диска Галактики. В этом случае петли удалены от Солнца на несколько килопарсек. Их линейный размер также должен достигать нескольких килопарсек.

Другая гипотеза предложена английскими радиоастрономами Р. Браунном, Р. Дэвисом и С. Хэзардом в 1960 году, когда была открыта самая яркая Петля I. Согласно этой гипотезе, петля образовалась в результате вспышки сверхновой, которая произошла недалеко от Солнца несколько десятков тысяч лет назад. Петля представляет собой радиоизлучающую оболочку, подобную хорошо известным старым остаткам вспышек сверхновых — Петле в созвездии Ле-

беда и тонковолокнистой туманности Симеиз 147 (объект № 147 в каталоге эмиссионных туманностей, составленном В. Ф. Газе и Г. А. Шайном). Но если две последние туманности расположены на расстоянии 1—2 тыс. пс от Солнца, сверхновая, породившая Петлю I, должна была вспыхнуть всего в нескольких десятках парсек от Солнца. Линейные размеры петель в этом случае не превышают нескольких десятков парсек.

По оценкам члена-корреспондента АН СССР И. С. Шкловского, основанным на реально наблюдаемой частоте вспышек сверхновых в таких же галактиках, как наша, за всю историю Земли — 5 млрд. лет — Солнце несколько раз находилось не далее 10 пс от вспыхнувшей звезды.

При взрыве сверхновой выделяется огромная энергия — около 10^{51} эрг, образуется сферическая оболочка, заполненная горячим ионизованным газом с температурой 1—100 млн. градусов. Оболочка расширяется в межзвездной среде с начальной скоростью 10 тыс. км/сек. Через несколько десятков тысяч лет она сильно затормозится межзвездным газом, скорость ее движения упадет до 100 км/сек. Расширяясь, оболочка приблизится к Солнцу, и может случиться, что Земля на десятки тысяч лет попадет внутрь оболочки. В это время возрастет плотность космических лучей, увеличится во много раз жесткая радиация, что, несомненно, скажется на животном и растительном мире Земли. Вспышка сверхновой, по мнению И. С. Шкловского, могла бы даже стимулировать возникновение жизни из неживой материи.



Какой же из двух гипотез отдать предпочтение? К сожалению, основной критерий, позволяющий отнести галактический радиоисточник к остаткам вспышек сверхновых,—нетепловой спектр радиоизлучения—не помогает в решении этого вопроса. Ведь если петли являются крупномасштабными деталями структуры галактического магнитного поля, то спектральный состав их радиоизлучения должен быть таким же, как у остатков сверхновых, ибо в обоих случаях излучение обусловлено взаимодействием сверхэнергичных электронов с магнитным полем. Сделать выбор между двумя гипотезами помогают оценки расстояния, а следовательно, и линейного размера объектов.

В 1964 году автор статьи рассмотрела имеющиеся к тому времени наблюдения в радиолинии 21 см Северного Полярного отрога и Арки Кита. В линии 21 см светится нейтральный водород—самый обильный элемент галактического диска. Наша Галактика вращается не как твердое тело, для каждой точки галактического диска характерна своя лучевая скорость

Распределение непрерывного галактического радиоизлучения на волне 75 см (400 Мгц) по небесной сфере. Заметно, что радиоизофоты—линии одинаковой радиояркости—концентрируются к галактической плоскости. Жирными линиями нанесены Петли I, II и III

относительно земного наблюдателя. Поэтому, если из спектральных наблюдений известна лучевая скорость облака нейтрального водорода, то можно определить и расстояние до него. Автору удалось обнаружить в области Петель I и II недостаток нейтрального водорода, который обладает небольшими лучевыми скоростями, то есть находится не далее 100—200 пс от Солнца. Возможно, расширяющаяся оболочка сверхновой «выметает» на своем пути нейтральный водород или ионизует его. Специальные радионаблюдения петель в линии 21 см подтвердили этот эффект. Значит, Петли I и II удалены от Солнца не более, чем на 200 пс.

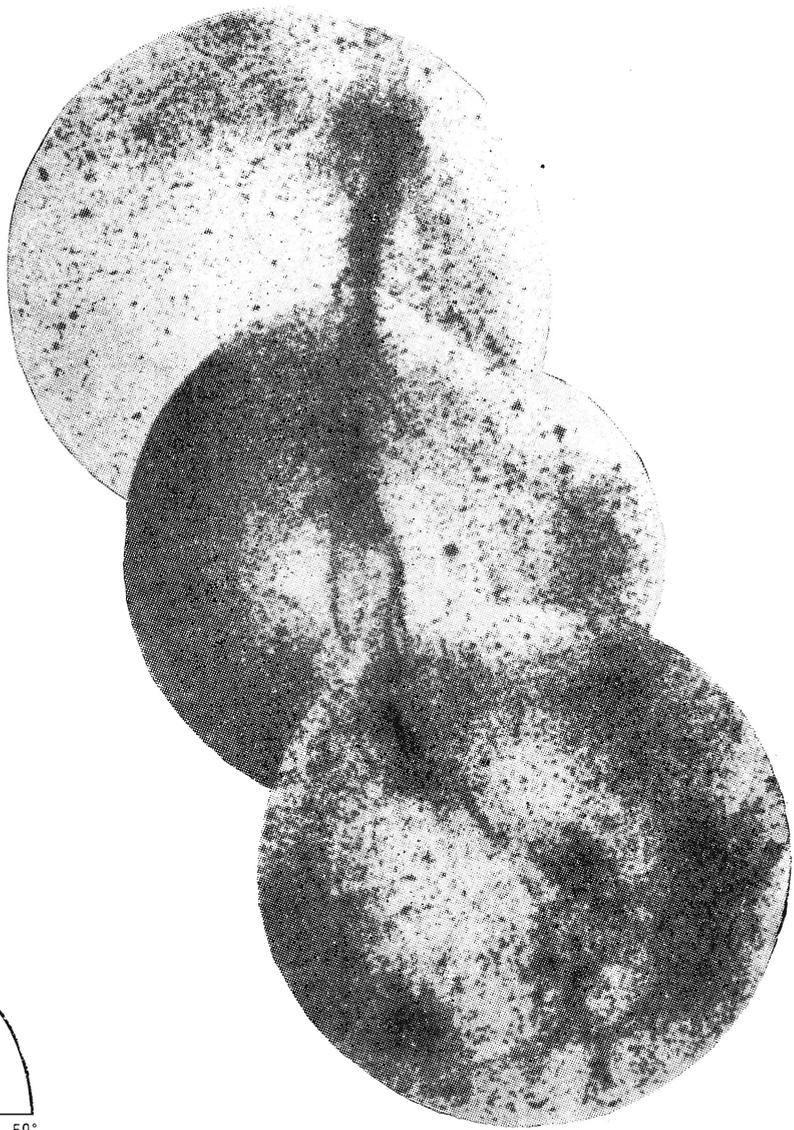
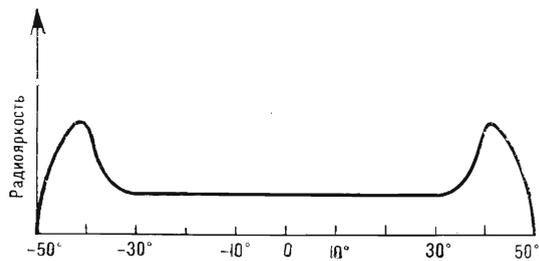
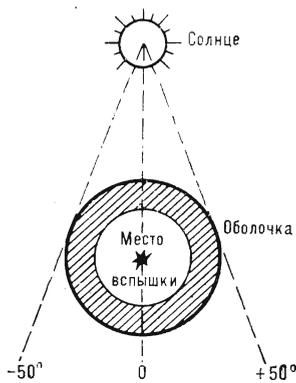
Расстояние до петель астрономы оценивали и другим методом, исследуя поляризацию света звезд. Рассеиваясь и поглощаясь на межзвездных пылинках, имеющих удлиненную форму, излучение звезд поляризуется. В регулярном магнитном поле пылинки ориентированы определенным образом, и проходящий свет становится линейно поляризованным, причем направление поляризации зависит от направления магнитного поля в поглощающем свет газопылевом облаке. В области Петли I была обнаружена корреляционная связь между направлением поляризации света некоторых звезд и направлением магнитных силовых линий в Петле I. Этот эффект объясняется тем, что свет звезд поляризуется при прохождении через магнитное поле петли, то

есть Петля I находится ближе исследованных звезд. И если измерить расстояние до звезд, можно оценить и расстояние до Петли I. Так было определено, что Петля I расположена не далее 200 пс от Солнца. Следовательно, оценки расстояния свидетельствуют в пользу гипотезы близкой вспышки сверхновой.

Современные радионаблюдения петель также подтверждают гипотезу английских астрономов. Радиоизображение петель имеет очень сложную тонковолокнистую структуру, причем волокна располагаются концентрично соответствующим малым кругам на небесной сфере. Средняя поверхностная радиояркость внутри петли заметно выше, чем снаружи. Все это согласуется с картиной оболочечного радиоисточника, предложенной Браунном.

Долгое время основным аргументом против близкой вспышки сверхновой считалось отсутствие в петлях заметного оптического излучения. Ведь все типичные галактические радиоисточники—остатки вспышек сверхновых, расположенные не слишком далеко от Солнца,—отождествляются с тонковолокнистыми эмиссионными туманностями. Образование их с необходимостью следует из теории распространения по межзвездному газу сферической ударной волны, возникающей при вспышке сверхновой. В тонковолокнистой туманности в созвездии Лебедя и туманности Симеиз 147 находятся оболочечные источники нетеплового радиоизлучения. Радиояркость этих источников сравнима с радиояркостью петель. Поэтому естественно ожидать, что в петлях также должны существовать оптические волокна.

Советские и зарубежные исследователи предприняли поиски оптических туманностей, отождествляемых с петлями. Использовалась современная высокочувствительная аппаратура. Чтобы выделить излучение слабых оптических волокон над фоном, обусловленным свечением ночного неба, применялись интерференционные светофильтры. Они пропускают излучение тех областей оптического спектра, в которых преимущественно



светится большинство остатков вспышек сверхновых. После тщательных поисков удалось найти очень слабые оптические волокна, расположенные внутри Арки Кита и повторяющие ее радиоструктуру. Теперь астрономам-наблюдателям предстоит изучить спектры этих оптических волокон, чтобы судить об их природе.

В последние годы, ознаменовавшиеся бурным развитием внеатмосферной астрономии, было зарегистрировано мягкое рентгеновское излучение от многих известных галактических остатков вспышек сверхно-

Оболочка сверхновой, всплывшей рядом с Солнцем, занимает огромную часть небосклона. Показано распределение радиояркости оболочки в зависимости от углового расстояния до ее центра

Слабое оптическое волокно, обнаруженное в области Арки Кита. Мозаичная фотография составлена из трех снимков

вых. Существование такого излучения предсказал И. С. Шкловский еще в 1965 году. В рентгеновском диапазоне 0,1—2 кэв светится горячая (1—10 млн. градусов) плазма, заполняющая оболочку остатка вспышки сверхновой. Сразу после открытия теплового рентгеновского излучения от тонковолокнистой туманности в созвездии Лебедя И. С. Шкловский и Е. К. Шеффер указали на необходимость поисков мягкого рентгеновского излучения в области петель. Действительно, поверхностная яркость Петли I в радиодиапазоне сравнима



ВТОРОЙ ПРОЛЕТ «МАРИНЕРА-10» ВБЛИЗИ МЕРКУРИЯ

с поверхностной яркостью тонковолокнистой туманности в созвездии Лебеда. И если гипотеза Брауна, Дэвиса и Хэзарда справедлива, можно ожидать в Петле I мягкое рентгеновское излучение значительной интенсивности. Ракетные измерения подтвердили это предположение. Во время обзора неба в мягких рентгеновских лучах была найдена корреляция поверхностной радиояркости Петли I с яркостью в мягком рентгеновском диапазоне. Это еще один аргумент в пользу гипотезы Брауна.

Таковы основные результаты наблюдений петель галактического радиоизлучения. Все наблюдения поддерживают интерпретацию петель как старых радиоболочек, возникших в результате вспышек сверхновых на расстоянии нескольких десятков парсек от Солнца. Что же мешает нам исключить альтернативную гипотезу? Те же оценки частоты вспышек сверхновых в других галактиках, которые предсказывают неоднократное появление близкой сверхновой в течение всей истории Земли, свидетельствуют, что вероятность **одновременного** существования трех-четырех оболочек на расстоянии, не превышающем 100 пс от Солнца, ничтожна мала. И все же астрономы не отказываются от заманчивой, имеющей столь важные последствия для Земли гипотезы Брауна. Тем более, что известны по крайней мере две галактики, в которых за последние 100 лет (то есть практически одновременно, если вспомнить, что характерное время эволюции оболочки составляет 30—50 тыс. лет) произошли две-три вспышки сверхновых на расстоянии 200—300 пс друг от друга.

21 сентября 1974 года «Маринер-10» второй раз прошел вблизи Меркурия, в 47 981 км от него. На протяжении 49 часов две телевизионные камеры передали около 500 изображений поверхности планеты. В сентябре точка теснейшего сближения аппарата с планетой находилась над освещенной Солнцем стороной, поэтому удалось сфотографировать большую территорию Меркурия и впервые — его полярную область. Съемкой охвачено 37% поверхности планеты, в основном ее южная полусфера.

Замечательное сходство поверхностей Меркурия и Луны указывает на то, что оба этих небесных тела имеют сходную историю. Например, на Меркурии обнаружены похожие на лунные моря, обширные равнинные области с немногочисленными кратерами. Американские исследователи предполагают, что и материал, покрывающий эти области, подобен лунному и, следовательно, имеет низкую плотность.

Но если структура поверхности Меркурия действительно напоминает лунную, то можно сделать важные выводы и об его внутреннем строении. Поскольку средняя плотность планеты высока ($5,44 \text{ г/см}^3$), значит она должна была пройти стадию химической дифференциации вещества. Вероятно, Меркурий имеет силикатную оболочку толщиной 500—600 км, а оставшиеся 50% его объема должно занимать железное ядро.

Есть и различия между поверхностями Меркурия и Луны, вызванные, например, большей силой тяжести на поверхности планеты. Кратеры на Меркурии менее глубокие, чем на Луне. Как правило, меркурианские кратеры поперечником больше 14 км имеют центральные горки, а их внутренние ва-

лы — несколько террас. Такие же особенности замечены у лунных кратеров, диаметр которых свыше 50 км. Для Меркурия характерны концентричные и двойные кратеры, редко встречающиеся на Луне.

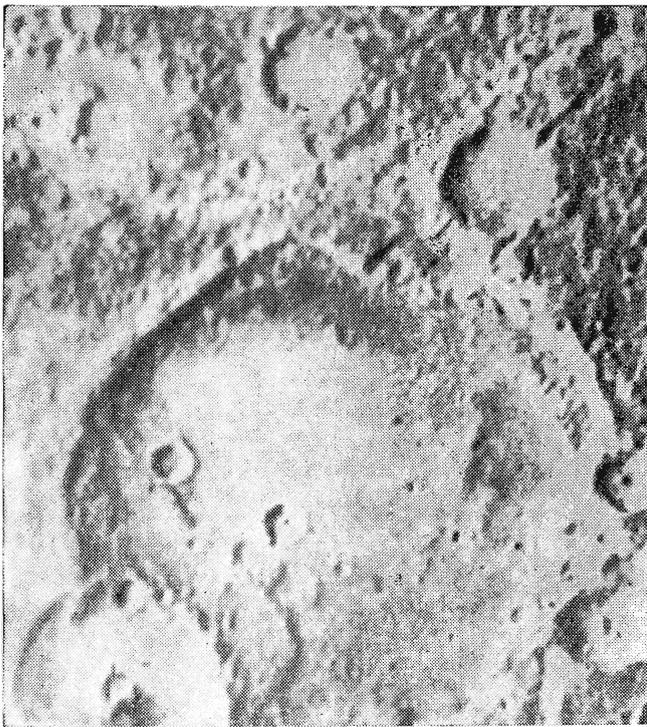
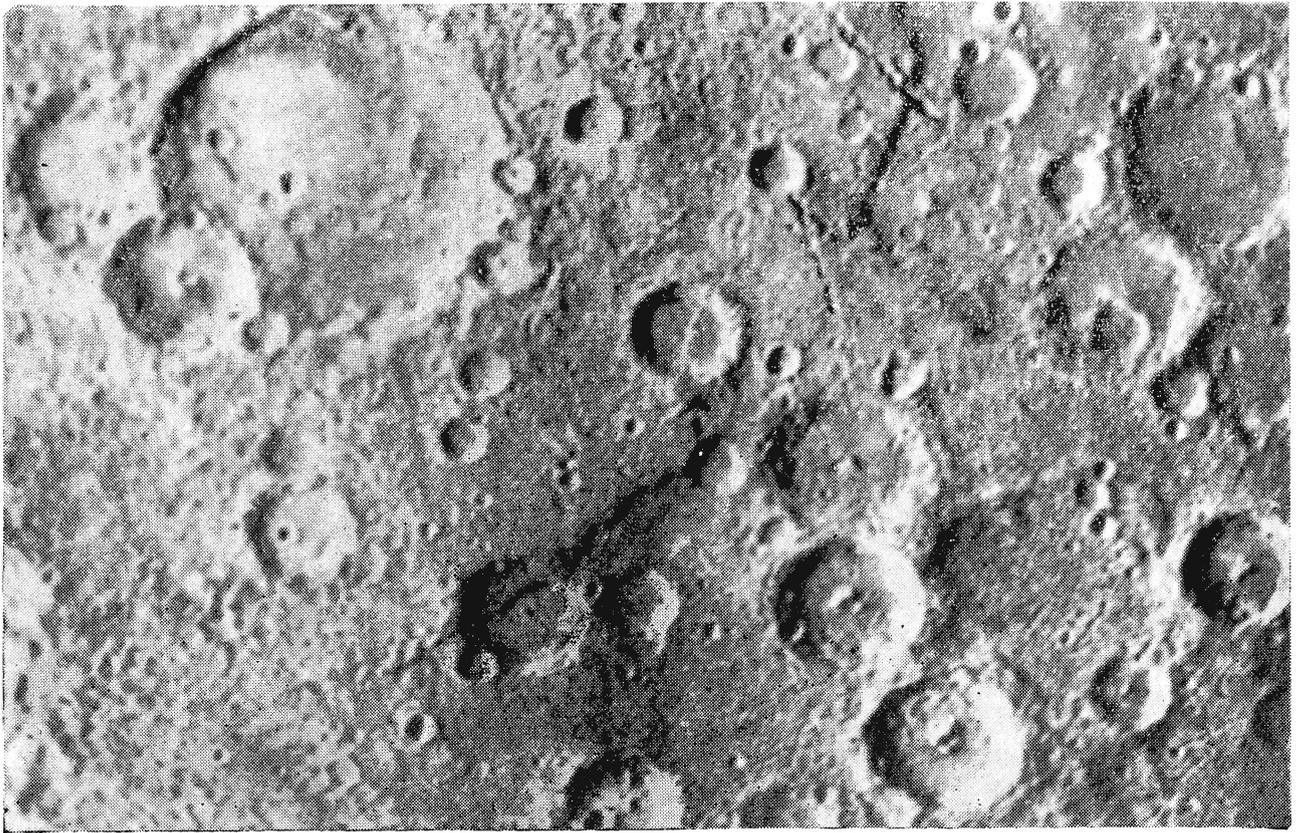
Но самая поразительная особенность поверхности Меркурия — гигантские уступы, которые тянутся на сотни километров. Их высота около 3 км, они извилисты и пересекают кратерные и межкратерные области. По-видимому, эти уступы возникли в результате надвигов, возможно, связанных с напряжением сжатия в ту далекую эпоху, когда поверхность планеты остывала. Многие детали на поверхности Меркурия несут следы его далекой истории. Как расшифровать ее? — вот вопрос, который сейчас волнует многих исследователей.

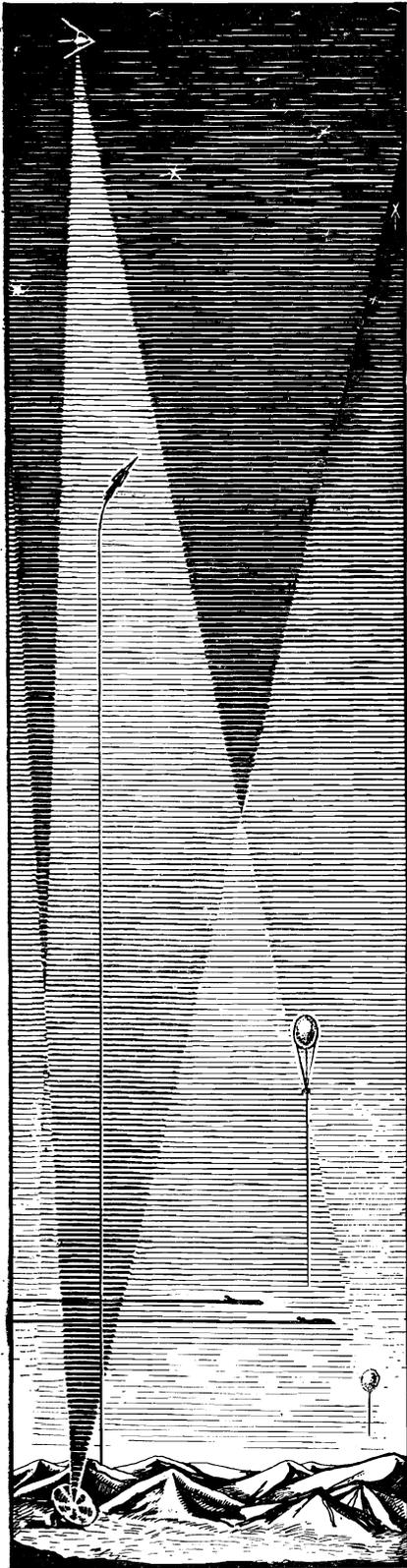
«Sky and Telescope», 48, 5, 1974.

Участок поверхности Меркурия, густо усеянный кратерами. В центре — уступ, высота которого 2—3 км. Это — часть системы сдвигов, простирающейся на сотни километров. Большой кратер слева сверху, частично перекрытый другим, по-видимому, более молодым кратером, показан крупным планом на следующей фотографии

Этот большой кратер на Меркурии очень напоминает лунный: такие же валы с террасами, такие же маленькие внутренние кратеры с центральными горками и яркие пятна, окруженные крошечными ударными кратерами

Район Южного полюса Меркурия. В верхней части снимка — система ярких лучей, которые тянутся к северу от кратера поперечником 48 км





Кандидат географических наук
Т. Х. ГЕОХЛАНЯН

Стратосфера

Издательство «Знание» выпускает в свет брошюру «Изучение стратосферы», написанную кандидатом географических наук Т. Х. Геохлянян. В связи с большим интересом, который проявляют читатели «Земли и Вселенной» к исследованиям воздушной оболочки планеты, наш журнал публикует отрывки из этой брошюры.

ОТ ШАРА-ЗОНДА ДО РАКЕТЫ

Еще совсем недавно предполагали, что стратосфера — это сравнительно спокойная среда, в которой газы разделены по слоям в соответствии со своими удельными весами. Отсюда и ее название — стратосфера («стра-тус» — слоистый).

Новые данные, полученные с помощью радиозондов и метеорологических ракет, показали, что в стратосфере, как и верхней тропосфере, воздух интенсивно перемешивается, резко изменяются и температуры и ветер. Здесь, как и в тропосфере, воздушные массы перемещаются и вертикально и горизонтально, нередко образуя турбулентные вихри. Все это — результат неоднородного распределения температуры. Заметное отличие условий погоды в стратосфере от тропосферы определяется тем, что стратосфера бедна влагой, здесь нет ни облаков, ни осадков, а значит, нет и опасных явлений погоды, таких как молния, грозы, град. Это обстоятельство, а также малая плотность воздуха в стратосфере давно привлекали к ней внимание авиаторов, суля большую, чем в тропосфере, безопасность полетов и большую

(выше звуковой) скорость авиалайнеров.

Стратосфера была открыта в начале XX века. Произошло это благодаря изобретенному в конце XIX века шару-зонду. Впервые с помощью этого прибора стали доступными для исследования надтропосферные слои атмосферы. На основе анализа большого материала о распределении температуры, давления и влажности до высот 10—16 км французский ученый Тайсеран де Бор обнаружил, что выше 8—9 км над земной поверхностью температура воздуха перестает быстро понижаться с высотой, а на уровне около 11 км понижение почти совсем прекращается. Так была обнаружена «изотермическая» зона — область постоянной по высоте температуры — в верхних слоях атмосферы, названная им стратосферой. (Тайсеран де Бор также предложил и термин «тропосфера».)

Ученые разных стран продолжили наблюдения, чтобы подтвердить реальность нового слоя атмосферы. Ценный вклад в его изучение внесли русские ученые М. А. Рыкачев и П. А. Молчанов.

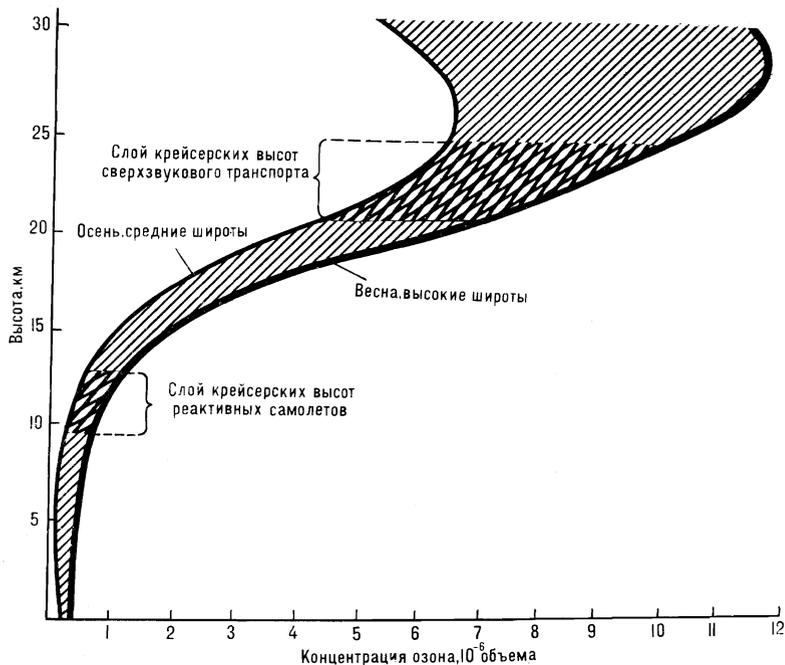
Профессор П. А. Молчанов в 1930 году изобрел радиозонд. Первый запуск радиозонда стал началом организации всемирной сети аэрологических (радиозондовых) станций. Исследование стратосферы стало интенсивно развиваться. Регулярные и одновременные сведения о распределении метеорологических элементов (температуры, ветра, давления) в толще атмосферы до 25—30 км, полученные на аэрологических станциях, способствовали пересмотру первых представлений о режиме стратосферы, ко-

торые оказались недостаточно точными.

Шары-зонды в то время поднимались до высоты 15—16 км, в результате был получен достаточно постоянный общий ход температуры выше 10—12 км и был сделан (опровергнутый в дальнейшем) вывод об отсутствии ветра и вертикального перемешивания воздуха в стратосфере и о неоднородности ее химического состава.

Радиозонд и в настоящее время является одним из основных датчиков метеорологической информации до высот 40—45 км. Подъему на такие большие высоты способствуют усовершенствования последних лет, в частности, уменьшение веса приборов, применение полиэтиленовых оболочек и др.

На территории СССР сейчас работает более 200 аэрологических станций. Каждая из них ежедневно запускает два радиозонда, а некоторые даже четыре в сутки. Для изучения физических процессов в стратосфере запускаются кроме того специальные озонзонды, измеряющие содержание озона, а также актинометрические радиозонды, предназначенные для изучения зависимости баланса лучистой энергии при различных условиях погоды. После Великой Отечественной войны реактивные и турбовинтовые самолеты начали регулярные полеты в верхней тропосфере и нижней стратосфере — расширились возможности исследования метеорологических условий на этих высотах. Стали обычными регулярное самолетное зондирование атмосферы, авиационная разведка погоды и прием метеорологической информа-



ции с борта рейсовых самолетов. Началось подробное изучение струйных течений, пространственной структуры облаков, особенностей самолетовождения и динамики полета в условиях стратосферы, интерес к которой за последние годы значительно возрос.

Изучают стратосферу также ракеты и искусственные спутники Земли. Наблюдения со спутника ценны тем, что вместо погоды в отдельных пунктах, которую получают с метеорологических станций, спутник дает непрерывную картину развития атмосферных явлений. Каждый из спутников метеорологической системы «Метеор» только за один оборот вокруг Земли сообщает об облачности на территории, составляющей около 8%, а данные о радиационных потоках — приблизительно с 20% поверхности земного шара. Информация, поступающая со спутников, входит неотъемлемой частью в повседневную работу научных центров Службы погоды. («Земля и Вселенная» № 1, 1973 г., стр. 21—26.— Ред.)

В последние годы для изучения процессов в верхней атмосфере ис-

пользуются и радиолокационные методы высотного зондирования.

СЛОИ АТМОСФЕРЫ

Стратосфера расположена между самыми близкими к поверхности Земли слоями — тропосферой и мезосферой. Процессы в этих трех слоях взаимосвязаны. Поэтому изучить метеорологические процессы в стратосфере без представления об атмосферных явлениях в тропосфере и мезосфере просто невозможно.

«Кухней погоды» называют метеорологи тропосферу. Действительно, все обычные элементы погоды развиваются там.

Чем обуславливаются физические процессы в тропосфере? Здесь сосредоточена основная масса атмосферы и почти весь водяной пар. Причем 50% всей массы приходится на слой толщиной около 5 км, а 99% массы всей атмосферы заключено в слое 30 км. Только здесь непрерывно образуются и разрушаются облака, выпадают осадки в виде дождя, снега и града.

Основной источник процессов на Земле — энергия Солнца. Его излучение порождает и процессы в атмосфере, так что атмосферу можно

■ *Среднее вертикальное распределение озона в северном полушарии*



рассматривать как тепловую машину, работающую на солнечной энергии. Максимум теплового излучения Солнца приходится на коротковолновую часть спектра (от 10^{-5} до 10^{-2} см). Однако атмосфера пропускает к земной поверхности не всю солнечную радиацию. В спектре электромагнитных волн, излучаемых Солнцем, есть лишь узкое «окно», через которое до нас доходит видимый свет и радиоизлучение всех светил Вселенной. Остальные участки спектра лучистой энергии почти полностью поглощаются атмосферой.

Несмотря на ослабление в атмосфере, часть коротковолновой солнечной радиации все же достигает земной поверхности, нагревая ее. Нагретая поверхность испускает невидимые глазом тепловые (длинноволновые) лучи. Почти все излучаемое Землей тепло улавливается атмосферой. Поэтому при подъеме от поверхности Земли происходит не резкое, а постепенное охлаждение воздуха. Основная роль в поглощении длинноволновой земной радиации принадлежит водяному пару, углекислому газу и озону. Благодаря неравномерному нагреванию Земли Солнцем, в тропосфере у экватора находится очаг тепла, а у полюсов — очаги холода. Эти гигантские очаги тепла и холода способствуют перемещению воздушных масс, сглаживающему температурные контрасты. Обмен воздухом между низкими и высокими широтами происходит в основном посредством горизонтального переноса (меридионального — межширотного и зонального — вдоль круга широты). Возникают и вертикальные

движения, но скорость их в сотни раз меньше горизонтальных.

Над северным и южным полушариями в тропосфере высоких и средних широт преобладает западный перенос воздушных масс: зимой — меридиональный, а летом — зональный.

Кроме глобальных циркуляционных систем есть многочисленные динамические системы разного масштаба: крупного — от тысяч до сотен километров (циклоны и антициклоны), среднего — десятки километров (грозы, смерчи, торнадо) и малого — порядка километров и метров (вихри местного характера).

Структура поля атмосферного давления на земном шаре многообразна и сложна. Она связана с распределением материков и океанов и зависит от сезона года и географической широты. Так, в северном полушарии зимой над теплыми водами северных частей Атлантического и Тихого океанов ярко выражены области низкого давления, а над охлажденными материками (Северной Америкой, Европой и, особенно, Азией) — области высокого давления. Большие градиенты давления в зимний период — это циклоническая деятельность с сильными штормами в системе мощных и глубоких циклонов.

В областях высокого давления, распространяющихся на огромные пространства, господствуют антициклоны с типичной для них малооблачной штилевой погодой. Летом, наоборот, над прогретыми материками преобладает пониженное давление, а над относительно холодными океанами — повышенное. Таким образом, радиационный режим и движение воздуха в тропосфере в конечном счете об-

уславливают комплексы атмосферных явлений, которые мы называем погодой.

Одной из важнейших особенностей атмосферных процессов является изменение их характера с высотой. У верхней границы тропосферы начинается слой толщиной 1—3 км, где особенно четко выражен скачок температуры, влажности, ветра. Этот переходный слой, опоясывающий весь земной шар, называют **тропопаузой**. Большие горизонтальные контрасты температуры вблизи тропопаузы порождают узкие, но очень сильные воздушные течения. Очень часто они протягиваются на несколько тысяч километров, имея вертикальную мощность лишь в несколько сот метров. Ширина струи не более 500 км. Скорости воздушных потоков в струе могут превышать 500 км/час. Струйные течения направлены с запада на восток, однако, это не сплошной поток, огибающий весь земной шар, а, скорее, цепь крупных «рек».

Под струйным течением у земли наблюдаются циклоны, причем нарастание скорости ветра с высотой в системе струи и усиление приземного циклона или антициклона тесно связаны.

Над тропопаузой начинается стратосфера. Многочисленные наблюдения показали, что стратосфера не всегда и не всюду расположена на одинаковой высоте. В полярных районах высота тропопаузы всегда небольшая — 8—10 км, в районе экватора — от 16 до 18 км. В умеренных широтах нижняя граница стратосферы колеблется на промежуточных высотах, в зависимости от сезона, а также от непериодических атмосферных процессов.



В отличие от тропосферы, где температура воздуха понижается с высотой до $-40, -90^{\circ}$ (среднее уменьшение температуры над Центральной Европой $6,5^{\circ}$ на каждый километр), в стратосфере температура воздуха, как правило, медленно растет с высотой в среднем на $1-2^{\circ}$ через каждый километр и на верхней границе ($50-55$ км) становится равной нулю или несколько выше.

Чем же определяется такое повышение температуры в стратосфере? Если на процессы, происходящие в тропосфере, большое влияние оказывает тепло нагретой Солнцем поверхности Земли, то термический режим стратосферы определяется особенностью ее химического состава и зависит от интенсивности солнечной радиации. В стратосфере расположена своего рода нагревательная поверхность. Это — слой озона, или озоносфера. Озон обладает способностью поглощать ультрафиолетовую радиацию Солнца и переизлучать ее в атмосферу в форме тепловой энергии. (См. статью А. Х. Хргиана и др., опубликованную в этом номере журнала. — Ред.)

Несмотря на то, что в стратосфере почти нет водяного пара, во время сильных гроз происходит разрыв тропопаузы, и мощные кучевые облака из тропосферы могут проникать на высоты нижней стратосферы. Эти ничтожные количества водяного пара становятся причиной возникновения в стратосфере одного из самых редких и красивых явлений природы — перламутровых облаков.

Выше стратосферы расположен еще один переходный слой — **стратопауза** ($50-55$ км), где рост температуры с

высотой прекращается и снова начинается ее понижение. Слой атмосферы выше 55 км, характеризующийся понижением температуры, и есть **мезосфера**, верхняя граница которой находится на высоте 80 км. («Земля и Вселенная», № 6, 1973 г. стр. 21—29. — Ред.) Принятое в настоящее время деление атмосферы включает мезосферу ($55-80$ км) как самостоятельный слой. За мезосферой до высоты 800 км идет термосфера с характерным повышением температуры с высотой, а все, что лежит над ней, называется **экзосферой**.

Сезонный режим метеорологических элементов как в стратосфере, так и в мезосфере определяется главным образом лучистым теплообменом. В нижней мезосфере также было обнаружено небольшое количество озона, обладающего большой поглощательной способностью. Этим, по-видимому, объясняются более высокие температуры зимней мезосферы в сравнении с летней.

Мезопауза, расположенная между $80-90$ км, является верхней границей, выше которой (в термосфере и ионосфере) параметры, позволяющие описать состав воздуха, атмосферные движения и преобразования энергий, больше не подчиняются классическим законам гидродинамики, а метеорологические элементы не испытывают сезонных изменений, так как на этих высотах некоторые из параметров находятся в непосредственной зависимости от солнечных факторов.

ЦИРКУЛЯЦИЯ

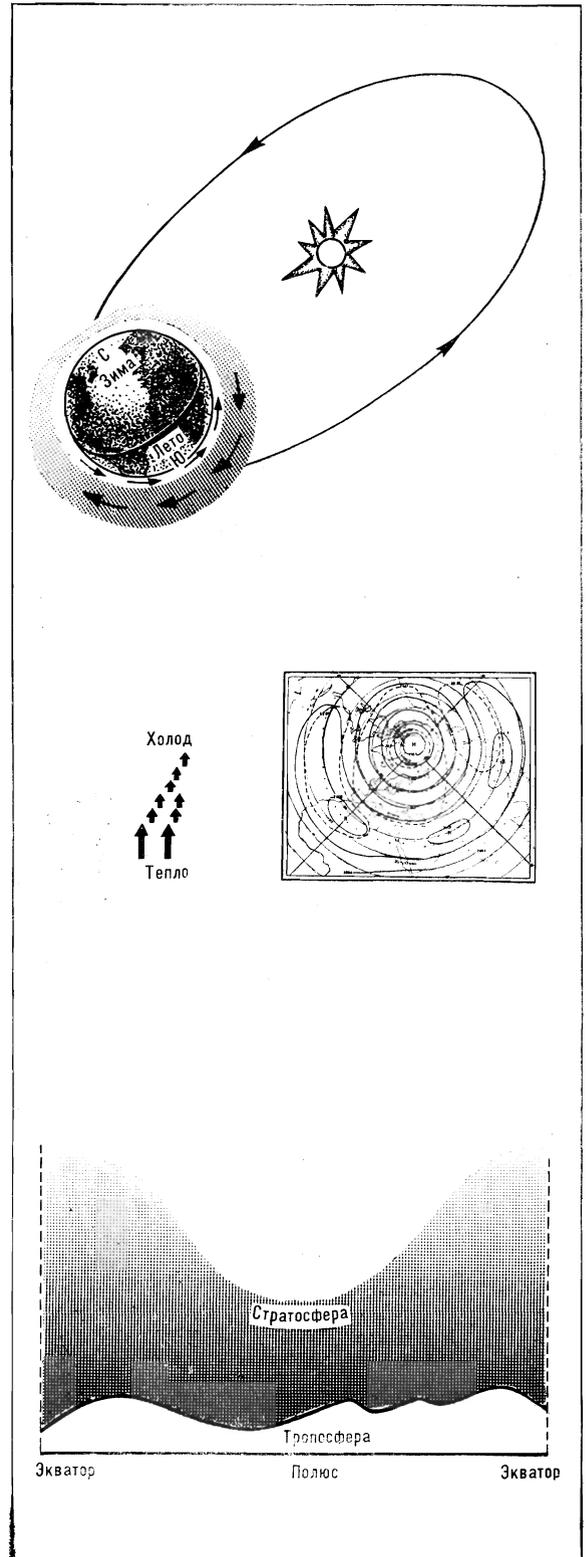
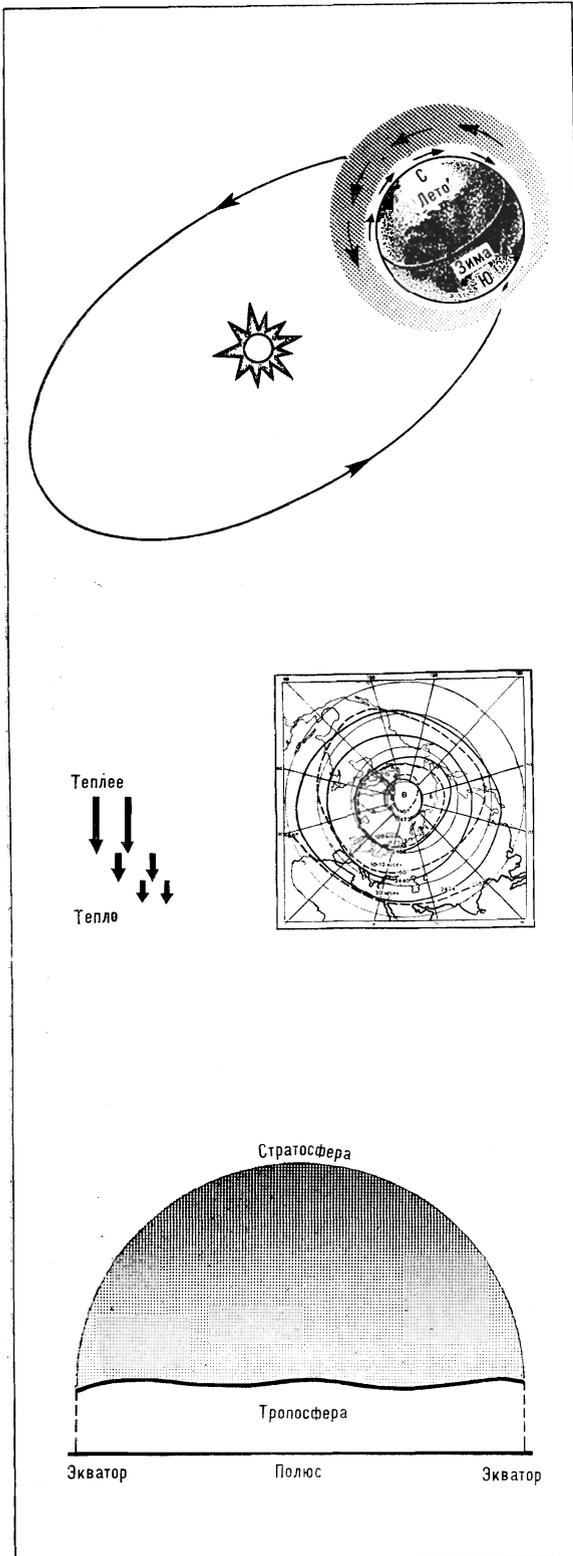
Общая циркуляция атмосферы — это вся совокупность движений воз-

душных масс от поверхности земли до $80-85$ км, то есть в слоях тропосферы, стратосферы и мезосферы.

Стратосфера — лишь звено в системе общей циркуляции атмосферы. А так как она занимает промежуточное положение между тропосферой и мезосферой, то периодические и непериодические процессы в ней нельзя рассматривать изолированно. Поэтому исследование стратосферных процессов будет полным только тогда, когда наряду с некоторыми, лишь стратосфере присущими особенностями, выявятся ее тропосферные и мезосферные связи.

Сначала остановимся на сезонных особенностях циркуляции в стратосфере внетропических широт обоих полушарий. Если в зимний период циркуляция воздуха в тропосфере и стратосфере имеет общие черты и определяется в основном неодинаковым притоком энергии в низкие и высокие широты Земли, то в летний период температура воздуха в тропосфере, так же как и зимой, непосредственно связана с нагревом земной поверхности, а температура более высоких слоев зависит от поглощения тепла самой атмосферой. Поэтому летом в стратосфере картина распределения областей тепла и холода иная, чем в тропосфере: у экватора находится очаг холода, а у полюсов — очаги тепла.

Нельзя забывать и о слое озона, действие которого на термический режим стратосферы значительно. В весенний период количество озона в стратосфере высоких широт максимально. При этом озон круглосуточно поглощает ультрафиолетовую радиацию, и в результате происходит не-





прерывное нагревание стратосферы, продолжающееся в течение первой половины лета, что приводит к большему нагреванию полярной стратосферы в сравнении с экваториальной.

Наряду с различием стратосферных процессов в зимний и летний периоды наблюдаются и некоторые отличительные особенности метеорологического режима атмосферы в северном и южном полушариях. Глубокое исследование атмосферных процессов южного полушария стало возможным после 1956—1957 годов, когда в Антарктике, согласно международному соглашению, была организована сеть метеорологических станций.

Что же показывает сравнение процессов в северном и южном полушариях? Оказывается, величины среднемесячных температур на различных высотах в тропосфере и нижней стратосфере Антарктики заметно ниже, чем в Арктике.

Различен и режим ветра в полярных областях обоих полушарий. Зимой

вдоль южного полярного круга, так же как и в северном полушарии, с высотой происходит возрастание скорости ветра. В слое 25—30 км, согласно данным наблюдений, скорости ветра превышают 200 км/час. В глубинных же районах Антарктиды даже зимой (когда в тропосфере и, особенно, в стратосфере ветер характеризуется большими скоростями, чем летом) ветры преимущественно слабые, что указывает на малоинтенсивный воздухообмен со средними широтами и, следовательно, сравнительно малый вынос тепла в район полюса.

Различия в распределении средней, максимальной и минимальной температур, скорости ветра на высотах и циркуляции атмосферы над Северным и Южным полюсами определяют их физико-географическими условиями. Перемежающиеся в северном полушарии материи и океаны создают условия для интенсивного междуширотного воздухообмена во внетропических широтах. Над однородной же океанической поверхностью умеренных широт южного полушария такого обмена нет.

Иначе, чем во внетропических широтах, протекают и атмосферные процессы в стратосфере экваториальной зоны.

Анализом новейших данных о режиме ветра в экваториальной стратосфере установлено, что при общем преобладании восточных ветров в слое 18-20—35-40 км временами возникают западные ветры, которые распространяются на всю экваториальную зону. Один год ветры в экваториальной стратосфере имеют восточное направление, а другой —

западное. Такое чередование ветров особенно хорошо выражено в узкой зоне между экватором и 8—10° северной и южной широт. Ниже и выше слоя 18—30 км такая цикличность в смене направления ветра, получившая название «квазидвухлетней», прослеживается плохо. Полный цикл может продлиться от 20 до 30 месяцев, а в среднем около 26 месяцев. Поэтому эту цикличность называют еще и «двадцатishестимесячной».

Характер поведения западных ветров, исследованный с помощью ежедневных синоптических процессов, показывает, что они менее типичны для экваториальной зоны, чем восточные ветры, и выглядят своего рода аномалией на их фоне.

Квазидвухлетняя цикличность в стратосфере по существу определяется изменениями температуры в нижней стратосфере и частично в тропосфере в холодные полугодия. В верхней же стратосфере и мезосфере сезонный режим метеорологических элементов в обоих полушариях зависит главным образом от лучистого теплообмена. Этот факт подтверждается недавно обнаруженной полугодовой цикличностью ветра в верхней стратосфере — мезосфере экваториальной зоны. Полугодовая цикличность ветра выражается в том, что в переходные сезоны здесь преобладают западные ветры, а зимой и летом — восточные. Такой режим ветра в верхней стратосфере — нижней мезосфере — характерное сезонное периодическое явление, такое же, как смена восточной циркуляции на западную в стратосфере внетропических широт (от лета к зиме и от зимы к лету).

■ ■
Режим ветров и атмосферное давление в стратосфере северного полушария летом (левый рисунок) и зимой (правый рисунок)

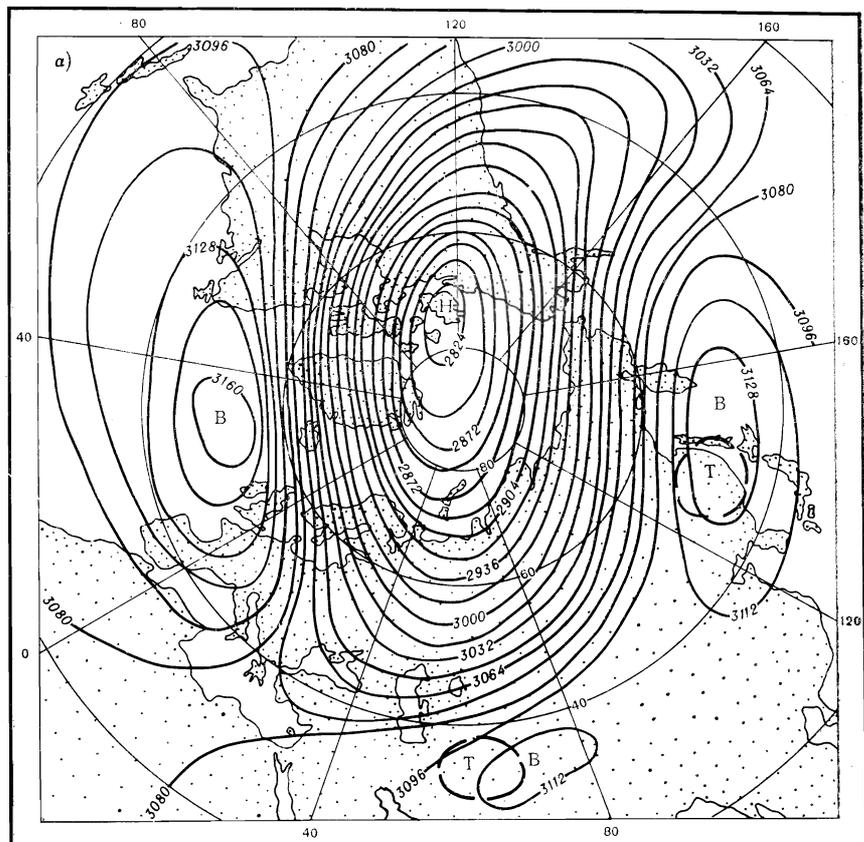
Лето северного полушария. Режим восточных ветров в стратосфере обусловлен системой антициклона, который «зависает» над полушарием, и горизонтальными градиентами температуры, направленными от полюса к экватору

Зима северного полушария. Все процессы в стратосфере имеют ход, обратный летнему

СТРАТОСФЕРНЫЕ ПОТЕПЛЕНИЯ

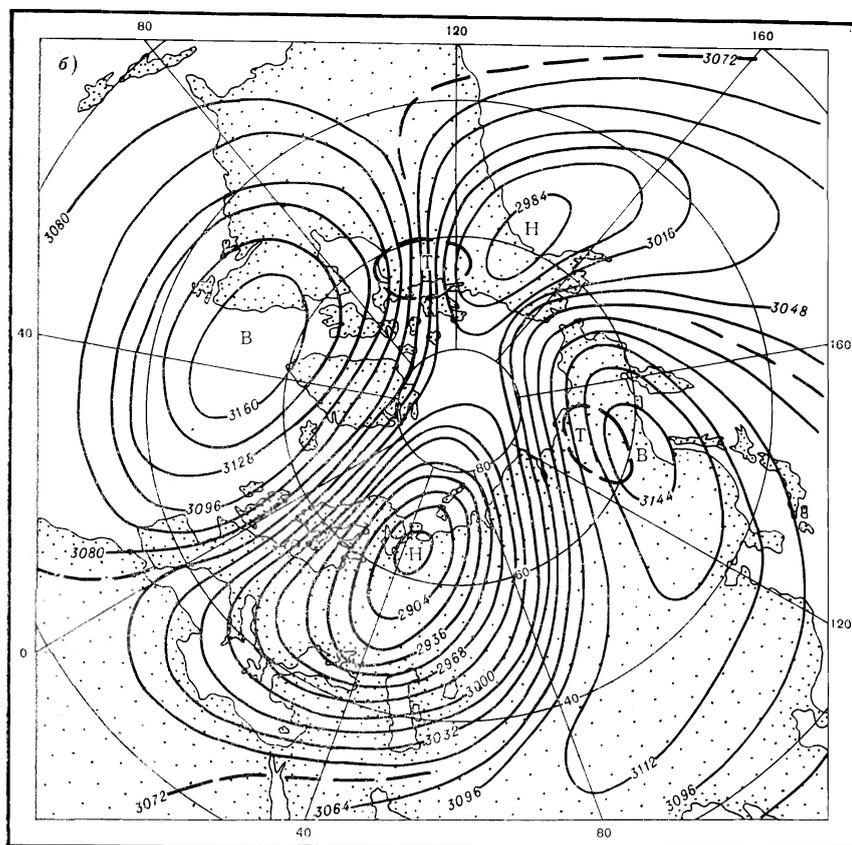
Сейчас уже хорошо известно, что в стратосфере высоких широт в холодное полугодие свойственны резкие нарушения установившегося сезонного режима. Эти нарушения заметно сказываются на полях температуры, давления и ветра. Однако еще 20 лет назад об этом явлении ничего не было известно. Лишь к 1952 году при анализе данных зондирования атмосферы над Берлином впервые было замечено резкое повышение температуры на высоте 25 км. Оно составляло 48° , что значительно выше среднего значения температуры в этот период года. Это резкое потепление называли «взрывным» или «внезапным». Оно вызвало большой интерес у геофизиков всего мира и стало предметом пристального и всестороннего изучения.

В последующие годы резкие изменения температуры в стратосфере обнаруживались с ноября по апрель на различных высотах и в разных районах высоких и средних широт северного полушария. Теперь очевидно, что потепления в стратосфере происходят ежегодно, а иногда и несколько раз в году, и вполне закономерны. Метеорологи обнаружили, что периодам зимних потеплений соответствует определенная структура поля давления в стратосфере. Известно, что для циркуляции воздуха в холодное полугодие характерно раздвоение центра стратосферного полярного циклона и существование двух самостоятельных циклонических центров вместо одного. Процесс этот сопровождается изменением скорости и направления ветра



в стратосфере высоких и средних широт почти над всем полушарием. Формируется второй центр в системе полярного циклона, когда в тропосфере активизируется свой циклон. Периоды раздвоения стратосферного циклона характеризуются наиболее крупными меридиональными преобразованиями полей температуры, геопотенциала и ветра в стратосфере. В этот период часто наблюдается резкое потепление в средней стратосфере. Так, нередко в слое 25—45 км температура достигает -20 , -30° С и даже 0 (как это было зимой 1963 года) вместо обычных для зимы -65 , -75° С. При этом изменяется направление ветра и даже устанавливается восточная циркуляция. По мере спада температуры и приближения ее к зимней норме направление ветра меняется на привычное зимнее. Этот процесс перестройки характера цир-

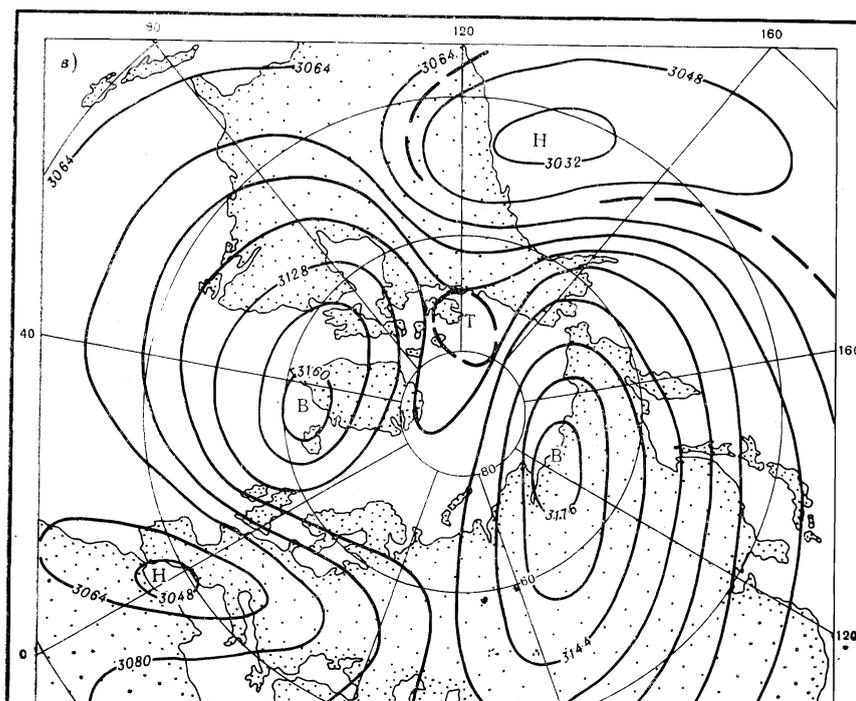
Структура поля геопотенциала и циркуляции в период очень сильного зимнего стратосферного потепления 1963 года. Карты абсолютной барической топографии поверхности 10 мб (30 км), где наблюдалось наибольшее повышение температуры. 20 января (а) стратосферный полярный циклон был уже несколько деформирован и на его периферии над Атлантикой и Дальним Востоком находились слабовыраженные области тепла. К 25 января (б) произошло раздвоение стратосферного циклона, и максимальная температура достигла 0. На заключительной стадии развития потепления (в) над полярным районом установился антициклон, то есть произошла смена зимней западной формы циркуляции — на летнюю — восточную форму циркуляции. К этому времени скорость ветра начала ослабевать, вертикальные движения уменьшились и 29—30 января температура в очаге тепла уже понизилась до -10 , -20°



куляции прослеживается во всей толще стратосферы от 20 до 50 км.

Природа зимних стратосферных потеплений еще до конца не выяснена. Множество гипотез, стремящихся объяснить происхождение этих потеплений, можно разбить на две большие группы. Сторонники первой группы ищут источники зимних стратосферных потеплений выше стратосферы — в верхних слоях атмосферы, а сторонники второй группы объясняют их влиянием динамических факторов тропосферного происхождения, то есть ниже стратосферы. Такой двойной подход к проблеме стратосферных потеплений вполне закономерен ввиду промежуточного положения слоя. Запаса собственной энергии стратосфере не хватит на то, чтобы вызвать резкие нарушения привычного сезонного режима. Расположена же она между тропосферой, где сосредоточена основная масса и энергия, и мезосферой, где происходит почти все поглощение жесткого ультрафиолетового и корпускулярного излучения Солнца. Термосфере свойственны также резкие колебания температуры. Поэтому естественно предположить, что резкая смена характера термобарического поля стратосферы может быть вызвана внешними причинами: либо воздействием снизу, либо — сверху.

Солнечно-погодные связи очень сложны. Еще не до конца выяснен механизм влияния сильных вспышек на Солнце и космического излучения на преобразование термобарических полей тропосферы и стратосферы. Непосредственное же сопоставление различных характеристик солнечной активности и метеорологических па-





раметров не дало положительных результатов. Не удалось также выявить роль корпускулярных потоков в формировании зимних стратосферных потеплений и с помощью математического моделирования физического механизма передачи энергии из верхних слоев атмосферы в стратосферу и тропосферу. Все это говорит о том, что проблема солнечно-земных связей еще требует глубокого и всестороннего изучения.

Причину стратосферных потеплений можно искать в связи между тропосферными и стратосферными динамическими процессами. Достаточно четко эта связь прослежена до высоты 30 км. Выяснилось, что интенсивные крупномасштабные тропосферные процессы всегда отражаются на структуре стратосферных полей температуры, геопотенциала и ветра. Но, в отличие от тропосферы, преобразования этих полей происходят медленнее, а мелкие вихри, которыми так богата тропосфера, вовсе не достигают стратосферы. Иначе изменяется стратосферная циркуляция при мощных меридиональных преобразованиях термобарического поля в тропосфере. Стратосфера оказывается охваченной меридиональными потоками. Такие процессы более типичны для холодного времени года, когда градиенты температуры и геопотенциала особенно велики. Если бы сезонный характер поля температуры и геопотенциала в стратосфере определялся бы только условиями лучистого теплообмена, то в холодное время года должен был сформироваться полярный циклон с центром над полюсом и с измененным западным переносом. Однако в действительности в

зимней стратосфере при воздействии извне, в частности из тропосферы, происходят крупные преобразования циркуляции. В теплое время года возникающие в высоких широтах стратосферы область тепла, инверсия температуры и антициклонический вихрь препятствуют распространению тропосферной циркуляции в слой воздуха, лежащий выше 20 км.

Итак, какое же объяснение природы зимних стратосферных потеплений дается с точки зрения динамической гипотезы, то есть влияния тропосферы?

Известно, что зимой, в соответствии с радиационными условиями, градиенты температуры возрастают, усиливаются ветры в системах барических образований. Мощные преобразования термобарического поля в тропосфере охватывают и стратосферу, так как при увеличении горизонтального градиента температуры и скоростей воздушных течений усиливаются горизонтальный перенос тепла и вертикальные движения воздуха с высотой. При этом температура адиабатически (без обмена теплом с окружающей средой) повышается в зависимости от вертикального градиента температуры (γ) при одних и тех же скоростях вертикальных движений по-разному. Например, согласно расчетам, при скорости вертикальных движений 6 см/сек прирост температуры за сутки составит при $\gamma = 0,6^\circ\text{C}/100\text{ м} - 19,7^\circ$, при $\gamma = 0 - 50,8^\circ\text{C}$, а при $\gamma = -40,4^\circ/100\text{ м} - 71,5^\circ\text{C}$. Мы видим, что в слое стратосферной инверсии повышение температуры происходит интенсивнее, чем в нижней стратосфере, где преобладает изотермия. Этим и объясняются

потепления прежде всего в слое 25—30 км, то есть там, где обычно начинается инверсия температуры.

Таким образом, установлено, что между преобразованиями полей геопотенциала и циркуляции в тропосфере и стратосфере существует тесная связь. Процессы в тропосфере, вызывающие устойчивое усиление меридиональной составляющей циркуляции, обуславливают аналогичную перестройку циркуляции во всей стратосфере. Главную роль в перестройке циркуляции, а следовательно, и в формировании потеплений в средней стратосфере играют адиабатические изменения температуры, которые велики в верхних инверсионных слоях и уменьшаются в тропосфере и нижней стратосфере.

В пользу динамической гипотезы происхождения потеплений в средней стратосфере говорит и то, что они характерны лишь для высоких широт северного полушария. В Центральной Антарктике пока не зарегистрировано ни одного случая зимнего потепления. (Речь идет о повышении температуры в стратосфере, которое можно было бы сравнить со средними по интенсивности потеплениями в северном полушарии зимой.) Вопрос же о влиянии солнечной активности на атмосферные процессы ученым предстоит еще решить.



Профессор
А. Х. ХРГИАН,
В. М. БЕРЕЗИН,
Н. Ф. ЕЛАНСКИЙ,
Г. И. КУЗНЕЦОВ,
Н. П. ПЕТРЕНКО

Озон как индикатор атмосферных процессов

СВОЙСТВА ОЗОНА ПРОТИВОРЕЧИВЫ

Озон — трехатомный кислород O_3 — очень малая примесь к атмосферному воздуху, к тому же «переслоенная» таким образом, что в тропосфере его содержание совсем невелико и увеличивается лишь в нижней и средней стратосфере. Правда, и здесь оно неодинаково на различных широтах. В верхней стратосфере и выше нее примесь озона снова сильно убывает. Однако, несмотря на малое количество и непостоянство, озон играет очень важную роль в атмосферных процессах, как и в жизни человека.

Озон стратосферы — защитный экран от опасной ультрафиолетовой радиации, угрожавшей бы без него жизни на Земле. Вместе с тем, в стратосфере он — ядовитая примесь, которая может оказаться вредной для членов экипажа и пассажиров современных самолетов, летающих на больших высотах. Метеорологам же наблюдения за озоном помогают распознать различные сложные течения в атмосфере — как вертикальные, так и горизонтальные. Вот эта многогранность свойств газа O_3 и привлекает к его изучению сейчас пристальное внимание ученых. Что же известно сейчас об озоне?

В последние годы наблюдения за озоном ведутся более чем на 150 обсерваториях земного шара. Благодаря большому наблюдательному материалу мы имеем сейчас довольно точное представление о распределении общего количества озона над земной поверхностью. Если выделить весь озон из воздуха и собрать его под нормальным давлением, то мощность

В Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова многие годы ведутся исследования озона атмосферы. Публикуемая ниже статья знакомит читателей с новейшими методами наблюдений этой малой примеси атмосферного воздуха и с теми научными результатами, которые были получены на кафедре физики атмосферы МГУ под руководством профессора А. Х. Хргиана.

его слоя получится равной в среднем всего 0,300 см — это примерно четыре десятиллионные доли от толщи всего воздуха. Надо сказать, что при том же давлении толща всего воздуха составила бы 8 км. Тропический пояс Земли отличается сравнительно тонким и высоко расположенным (максимальная концентрация на высоте 26—27 км) слоем озона, а умеренные и, особенно, полярные широты — гораздо более мощным и ниже расположенным слоем, с максимумом концентрации озона на высоте около 22 км.

Озон заметно поглощает ультрафиолетовые лучи Солнца с длиной волны менее 330 нм и очень значительно поглощает их при длине волны менее 290 нм. Поэтому на поверхности Земли, по выражению академика С. И. Вавилова, господствует «ультрафиолетовая ночь».

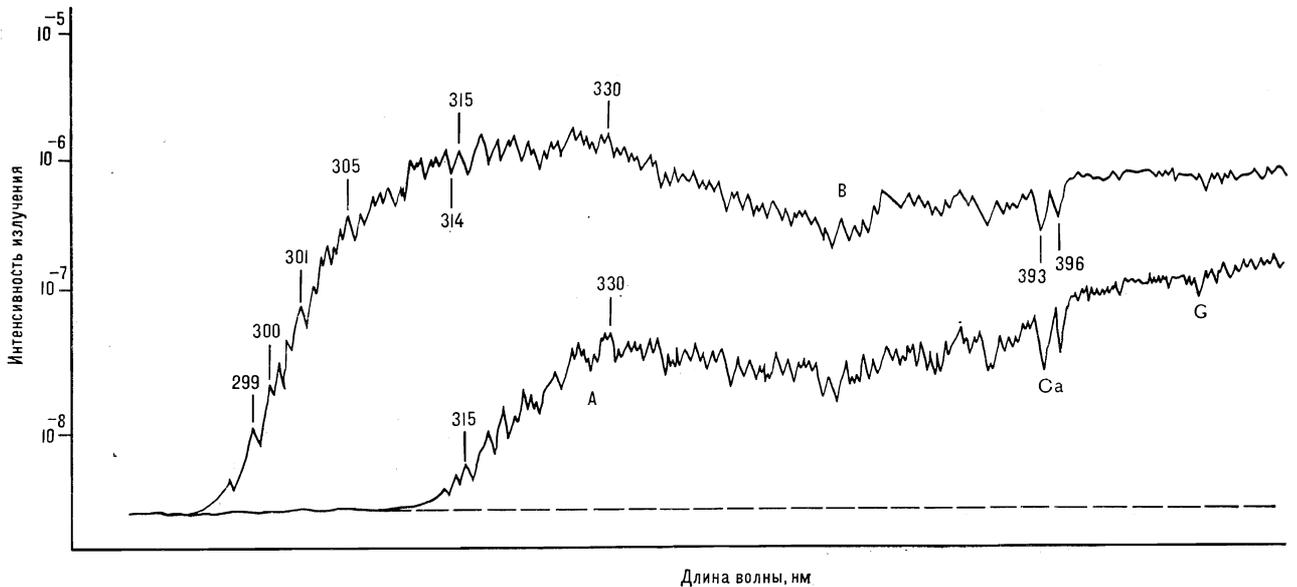
Как мы расскажем подробнее ниже, в настоящее время общепринята фотохимическая теория озона. Она описывает его образование, так сказать, «на месте» из кислорода атмосферы

(при столкновении его молекул O_2 и атомов O) и разрушение его под действием поглощаемого им солнечного света и химических реакций с другими газами. Но обилие озона, как мы знаем теперь, зависит еще и от движения атмосферы, ибо восходящие токи воздуха приносят в стратосферу снизу, из тропосферы, воздух, бедный озоном. И наоборот, нисходящие потоки опускают слой озона в самую нижнюю стратосферу, а в верхней он восстанавливается фотохимическими реакциями и, таким образом, накапливается в большом количестве.

НОВЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОЗОНА

До сих пор общее количество озона определялось сравнением озонового поглощения двух длин волн, выбранных в ближней ультрафиолетовой части солнечного спектра (как это делается в английском спектрофотометре Добсона и в советском озонометре М-83). Однако в области методов наблюдения озона и их интерпретации сейчас намечилось несколько новых путей. В Московском университете разработан «многоволновой метод» определения озонового поглощения не в двух, а в гораздо большем числе участков спектра между 305 и 330 нм. Такой метод имеет преимущество абсолютного метода и параллельно позволяет исключить сложное и мешающее влияние атмосферной мутности (аэрозоля) на тонкие оптические наблюдения. Именно это влияние и препятствовало увеличению точности прежних озонометрических измерений.

Принцип многоволнового метода



был высказан ранее А. Васси (Франция) и Р. С. Стебловой (СССР), но они оставили, однако, в стороне вопрос об аэрозольной поправке. Большие материалы наблюдений, в том числе и экспедиционных, собранные нами, доказали не только перспективность нового метода, но и возможность с его помощью изучить оптические свойства и влияние аэрозоля, не прибегая к каким-либо упрощенным их оценкам.

Многоволновой метод открывает путь и для наблюдения озона по его слабой полосе поглощения, имеющейся в видимой части спектра (полосе Шаппюи). Такой метод позволяет заменить в спектрофотометре дорогую и сложную кварцевую оптику более простой стеклянной и, вместе с тем, дает возможность наблюдать озон почти до самого захода Солнца — при его малых высотах над горизонтом (ультрафиолетовая часть спектра, и без того сравнительно слабая, «гаснет» задолго до этого, в ранние вечерние часы).

Новые перспективы открыли спутниковые наблюдения озона, так как они покрывают равномерной сетью почти весь земной шар. Измерения озона проводились, например, с советского спутника «Космос-65» и наи-

более успешно с «Космоса-121» 17—18 июня 1966 года. Детальная разработка полученных материалов помогла выяснить многие новые особенности распределения озона. Было обнаружено убывание озона над тропическими линиями конвергенции воздушных потоков (пассатов) под 5° южной и 15 — 18° северной широт и еще более резкое уменьшение над самыми жаркими областями материков, например над Северной Африкой.

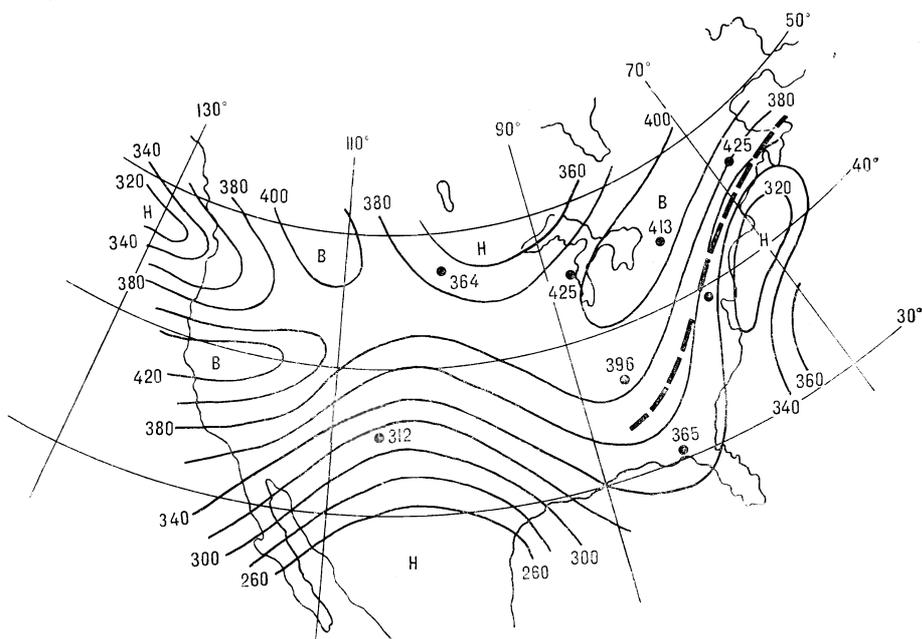
Теоретически всегда предполагалось, что в атмосфере тропической области земного шара всегда господствует общее восходящее движение, но столь слабое ($0,02$ — $0,03$ см/сек), что метеорологи не могут определить его никакими методами.

Спектрограмма прямого солнечного света. На ней указаны длины волн (в нанометрах) и отмечены линии поглощения кальция, возникающие в солнечной атмосфере. Ослабление ультрафиолетовой части солнечного спектра озоном (для длин волн $350,5$; $315,3$; $330,0$ нм и т. п.) особенно заметно при малой высоте Солнца. Абастумани, 17.VII. 1973 года при высоте Солнца 9° в 6 часов 30 минут (А) и высоте Солнца 46° в 8 часов 30 минут (В)

Лишь в узкой (2 — 3° по широте), так называемой внутритропической зоне конвергенции эти скорости должны достигать почти 3 см/сек. И тем не менее оказалось, что озон откликается и на такие медленные движения, образуя над областями подъема теплого воздуха как бы «провалы».

Большой интерес представляет взаимодействие воздушных течений, приходящих из тропиков и бедных озоном, и течений, зарождающихся в умеренной зоне и более богатых озоном. Сближение и встреча этих воздушных течений, например, в областях атмосферных фронтов или циклонов создает в последних резкие колебания озона. Оказалось, что в промежуточной области между тропиками и умеренной зоной (около 40° широты) преобладают либо большие положительные отклонения озона (приток воздуха из высоких широт), либо отрицательные отклонения (влияние низких широт). Промежуточные же значения общего количества озона наблюдаются довольно редко.

Такое «двухвершинное» статистическое распределение озона сходно с давно известным аэрологам распределением высот тропопаузы также над широтами, близкими к 40° . Там попеременно сменяются то низкая

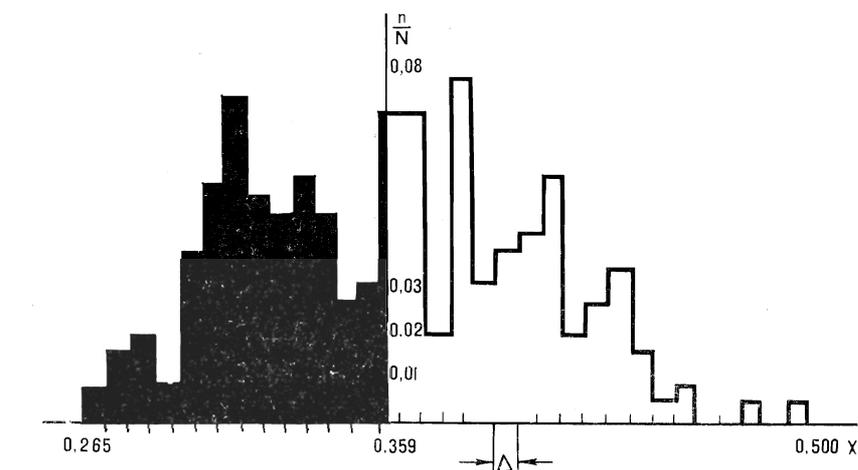


полярная тропопауза, то высокая тропическая, а промежуточные ее типы отсутствуют. Вероятно, со сменой полярных и тропических воздушных масс скачками меняется и количество озона.

Интерпретация сделанных в СССР и за рубежом наблюдений показала, что неоднородности распределения озона в пространстве (как бы озоновые облака, разделенные просветами с меньшим его содержанием) имеют характерный спектр размеров. В большинстве случаев наблюдаются сравнительно малые неоднородности величиной до 3000 км (масштаб циклонов), но иногда появляются более крупные — до 12 000 км (они соответствуют приблизительно размерам больших материков и океанов).

ФОТОХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ ОЗОНА

Теория озона должна, очевидно, прежде всего объяснить его удивительное свойство — постоянное существование и сохранение его слоя в непрерывно перемешивающейся и движущейся атмосфере. Благодаря современному развитию фотохимической теории недавно обнаружено, что на фотохимическое равновесие озона должны влиять и другие малые примеси атмосферы. Так, например, присутствие в стратосфере водяного пара и молекул его модификации — гидроксила OH — уменьшает количество озона, поскольку последний разрушается при реакциях $\text{O}_3 + \text{OH} \rightarrow \text{HO}_2 + \text{O}_2$ или $\text{O}_3 + \text{OH} \rightarrow 2\text{O}_2 + \text{H}$. Такую же роль играют окислы азота NO и NO_2 , которых в атмосфере очень мало, но они могут «отбирать»

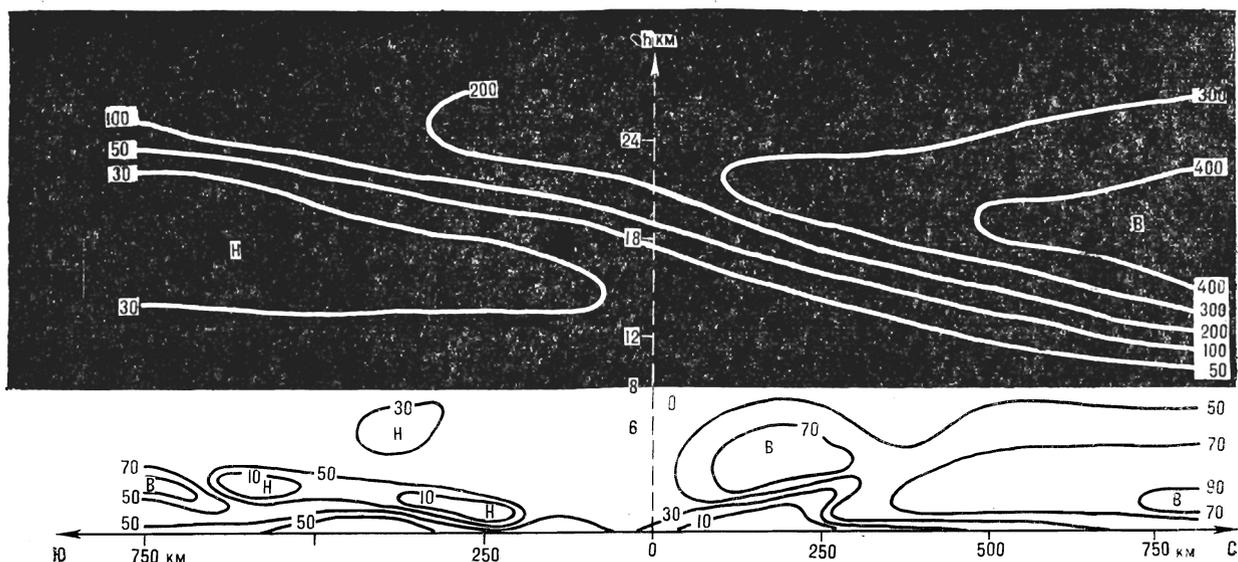


у озона тоже один атом кислорода. По новейшим данным, метан CH_4 и окись углерода CO также вступают в реакцию с озоном. Наблюдения озона поэтому могут дать общее представление о роли многих (более 50) реакций озона с малыми газами атмосферы. В этих реакциях озон выступает как бы в роли «ключевого» элемента.

Расчет показывает, что, например, наблюдаемую концентрацию озона на высоте 30—50 км можно объяснить теоретически, лишь допуская наличие там значительного содержания водя-

■
Распределение озона над Северной Америкой 17 июня 1966 года. Сплошными линиями показано общее количество озона в тысячных долях сантиметра, прерывистыми линиями — положение оси струйного течения на высоте около 8,5 км

■
Повторяемость $\left(\frac{n}{N}\right)$ различных значений общего количества озона X в Винья-ди-Валле в 1959—1960 годы (Италия). Средняя величина X равна 0,359 см, крайние — 0,265—0,500 см (по А. В. Нестеровой)



ного пара. Выше такое же разрушающее влияние может оказать и окись азота NO. Действительно, согласно наблюдениям, сделанным А. А. Боголюбовым, в мезосфере, то есть выше 55 км, озона заметно меньше, чем предсказывает его «влажная» теория, и тут требуется уже «азотная» теория.

Наблюдения, опубликованные в 1973 году в США, свидетельствуют, что на высоте около 20 км в стратосфере происходит постепенное вековое увеличение влажности воздуха. Не исключено, что оно зависит от водяного пара, обильно содержащегося в выхлопных газах высотной авиации. Оно может в свою очередь вести к уменьшению количества озона благодаря реакциям, которые мы упоминали

выше. В унисон с выводами из этих наблюдений звучит и новейшая гипотеза об «отравлении» стратосферы окислами азота, которые могут попадать туда с выхлопными газами сверхзвуковой авиации. Газы эти содержат и окись азота NO и двуокись его NO₂, которые энергично разрушают озон. Была высказана гипотеза, что так количество озона может уменьшиться до опасных пределов, позволяющих ультрафиолетовой радиации Солнца проникать до поверхности Земли. Правда, такое критическое уменьшение озона пока еще не обнаружено экспериментально и его возможность остается в области предположений, но риск достаточно серьезен для всего человечества. Озон в этом случае становится не только индикатором атмосферных процессов, но приобретает самостоятельную практическую важность.

Заметим, кстати, что двуокись азота в стратосфере можно легко наблюдать описанным выше многоволновым методом, поскольку этот газ имеет полосы поглощения также в ультрафиолетовой части спектра. Таким образом, один и тот же прибор может следить за изменениями и озона, и разрушающих его газов.

Немалый интерес о точки зрения фотохимии атмосферы представляет атомарный кислород O в воздухе стратосферы (как важнейший «мате-

риал» для образования озона). Это — очень активный агент в ряде реакций, происходящих в верхней атмосфере. Атомарный кислород удается изучить, наблюдая его ночное свечение с помощью созданного также в МГУ оптического устройства, настроенного на длину волны 557,7 нм и поднимаемого в мезосферу.

ОЗОН И ТРОПОСФЕРА

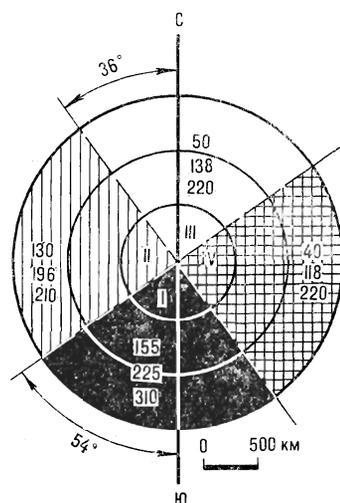
Начиная с 1964 года на кафедре физики атмосферы развивалась идея о перераспределении озона в атмосфере в результате совместного влияния фотохимических реакций и воздушных течений — как вертикальных, упомянутых выше, так и горизонтальных.

Известно, что примером наиболее сильных и четко локализованных потоков в атмосфере является струйное течение. Так называют сравнительно узкие (500—800 км) и тонкие струи в верхней тропосфере, в которых скорость движения воздуха достигает 130—160 м/сек, а возможно, и более. Такие струи были сравнительно недавно открыты синоптиками, которые предположили также, что существует, вероятно, спиральное движение воздуха вокруг оси струи — восходящее справа от нее и нисходящее слева.

Теоретическое распределение концентрации озона (в микрограммах на м³) на высотах до 24 км к северу и к югу от оси (O) струйного течения. В верхней части рисунка видно образование областей с большой концентрацией озона (B), а на юге хорошо различимы области малых концентраций его (H). В нижней части рисунка — в тропосфере — отмечается довольно пестрое распределение озона, связанное с запутанной циркуляцией атмосферы, характерной для этого слоя

Упомянутые выше наблюдения озона в глобальном масштабе 17—18 июня 1966 года обнаружили характерное распределение озона над струйными течениями — узкую полосу повышенного его содержания, тянущуюся вдоль полярной окраины течения, и полосу уменьшенного его количества — вдоль экваториальной окраины. Чтобы объяснить эти явления, Н. Ф. Еланский провел комплексный — теоретический и экспериментальный — анализ влияющих на озон факторов в области струйного течения. Он решил уравнение переноса озона и оценил теоретически возможные изменения концентрации озона в этой области. Такие оценки подтвердили, что образование областей повышенного (слева от оси струи) и пониженного (справа) содержания озона находится в согласии со схемой спирального движения около струи, предложенной синоптиками.

Характерным оказалось и распределение озона над антициклонами и циклонами. Известно, что, например, в циклонах движение имеет вид горизонтального вихря, вращающегося в направлении против часовой стрелки. Сводная карта распределения озона на уровне, где давление воздуха 100 мб (на высоте около 16 км) над циклонами северного полушария, была составлена Б. Ламжавыном. Она показала, что на этой высоте поток холодного арктического воздуха, несущего много озона, проникает с западной стороны циклона на юго-запад и юг и создает там область максимума озона. В то же время этот поток оттесняет область минимума озона на восток. Так подтверждается предположение, что горизонтальные



потоки воздуха, распространяющиеся далеко от места своего зарождения, могут существенно влиять на изменение озона.

Распределение озона в самой тропосфере важно для живой природы, хотя озон там и не достигает опасных концентраций. Здесь мы сталкиваем-

■ *Распределение парциального давления P_3 озона в циклонах на уровне 16 км. Пунктирными линиями выделены секторы наибольшей и наименьшей концентрации озона: I — юго — юго-западный (P_3 в среднем 225 нб) и IV — восточно — юго-восточный (P_3 в среднем 118 нб), а также промежуточные III и II сектора. На рисунке указаны также крайние значения P_3 , наблюдавшиеся в этих секторах в отдельных циклонах*

ся с довольно старым, но все еще неясным вопросом об обмене воздухом между стратосферой, богатой озоном, и тропосферой через пограничный между ними слой — тропопаузу. Для обмена нужно существование возмущений, разрывов или даже «складок» тропопаузы, в которых воздух может проникать из стратосферы вниз. В таких разрывах озон вместе с воздухом опускается глубоко в тропосферу. Тогда в высоких широтах, например в Арктике, или в горах может даже ощущаться запах озона, как это было, например, 1 июня 1958 года на обсерватории Юнгфрауйох в Швейцарии. Однако после таких событий, очевидно, тропопауза в этом месте должна быстро восстанавливаться, и приток стратосферного озона в нижнюю атмосферу прекращается — его появление там в большом количестве очень кратко временно. Следует предположить поэтому, что быстрое восстановление тропопаузы после ее разрушения какими-либо динамическими процессами существует как характерная особенность термического поля атмосферы.

Поскольку человек живет и работает в тропосфере, проблема притока и перераспределения озона в ней, равно как и наблюдения озона химическими методами, очень важна. Специалисты всего мира в самом ближайшем будущем, очевидно, уделят ей еще большее внимание.



ПОГОДА И ВРЕДНЫЕ ПРИМЕСИ В ГОРОДСКОМ ВОЗДУХЕ

В крупных промышленных центрах много различных источников вредных примесей, расположенных на различных уровнях от земли: на 0,5 м (автотранспорт — основной «поставщик» окиси углерода CO) и на высотах более 100 м (трубы заводов и теплоэлектроцентрали, откуда главным образом поступает в атмосферу сернистый газ SO₂ и др.). Скопление примесей в приземном слое воздуха обуславливается не только количеством выбросов вредных веществ, но и их вертикальным и горизонтальным рассеянием, а следовательно, метеорологическими условиями. К. Ф. Угарова установила эти зависимости по данным систематических наблюдений за содержанием SO₂ и CO, проведенных в 10 пунктах на территории Москвы в 1970 и 1971 годах.

Оказалось, что концентрация сернистого газа в течение года изменяется почти в 3 раза и связана с величиной расхода топлива теплоэлектроцентрали. Однако есть и отклонения: если расход топлива достигает максимума зимой, то концентрация SO₂ — в марте и ноябре. Объясняется это тем, что в данные месяцы расход топлива мало отличается от зимнего, но у земли идет интенсивное вертикальное перемешивание, в результате чего SO₂ попадает в нижние слои воздуха (где велись наблюдения). Содержание же CO в приземном слое атмосферы (выхлопные газы автомобилей) всегда довольно значительно и почти постоянно — оно несколько понижается лишь летом (когда автомобилей больше, чем зимой!). Это происходит из-за сильных восходящих токов прогретого от земли и потому легкого воздуха, который и рассеивает примеси, увлекая их из низких слоев в высокие.

Особый интерес представляют метеорологические условия, при ко-

торых одновременно над большей частью города наблюдаются высокие концентрации примесей. Так, например, в конце августа 1971 года, когда ежедневный расход топлива теплоэлектроцентрали и выбросы SO₂ промышленными предприятиями можно считать постоянными, в большинстве районов Москвы резко (в 5—6 раз) увеличилось содержание SO₂. В те дни над Москвой повисла центральная часть антициклона, скорость ветра уменьшилась до 3 м/сек, в слое воздуха до высоты 100 м отмечалось значительное падение температуры с высотой, то есть началось интенсивное вертикальное перемешивание (термическая неустойчивость). Поэтому сернистый газ опустился к земле и из-за слабого ветра почти не рассеивался. Однако те же метеорологические условия способствовали выносу вверх окиси углерода, концентрация которой, естественно, не возросла.

Зимой, наоборот, термическая устойчивость приземного слоя атмосферы существенно ослабляет перенос примесей от приподнятых источников к поверхности земли. Однако наблюдения показали, что и в этих условиях концентрация SO₂ у земли может увеличиваться, как это было, например, в первой половине дня 23 января 1970 года, когда наблюдалось интенсивное нисходящее движение воздуха в системе обширного антициклона, а ветер был очень слаб. И эта же метеорологическая обстановка благоприятствовала повышенной концентрации окиси углерода, поскольку не было условий для ее рассеяния ни по горизонтали, ни по вертикали.

Таким образом, влияние атмосферных процессов на изменения концентрации примесей в приземном слое городского воздуха весьма значительно.

«Известия Академии наук СССР, Физика атмосферы и океана», X, 9, 1974.

ЭЛЕКТРОННЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Национальная метеорологическая служба США разрабатывает план замены своей нынешней системы прогнозирования погоды, основанной на использовании телетайпов и факсимильных аппаратов, системой с малыми электронными вычислительными машинами и воспроизводящими устройствами телевизионного типа. Сейчас, чтобы дать прогноз о приближении сильной грозы, синоптики тратят от 5 до 10 минут, а иногда и до 20. Новая система сократит это время до 2—3 минут.

35—40% служебного времени прогнозиста уходит на отбор и обработку многочисленных телетайпных сообщений и факсимильных карт погоды. По новому методу, метеокarta будет появляться на экране воспроизводящего устройства каждые 15 секунд вместо 10 минут при факсимильной передаче стандартной карты погоды размером 30 × 45 см. Печатный материал будет передаваться со скоростью 3 тыс. слов в минуту (вместо 100). В оставшееся время синоптики смогут подготовить специальные прогнозы — сельскохозяйственный, противопожарный и прогноз загрязнения атмосферы.

Национальная метеослужба США предполагает до 1980 года установить на всей территории страны около 300 малогобаритных ЭВМ и связанных с ними воспроизводящих устройств с четырьмя экранами. Вся система соединится быстродействующими средствами связи общей протяженностью более 18 тыс. км. Стоимость новой системы оценивается в 40 млн. долларов при условии, что расходы полностью окупятся за 6—8 лет. Сети дали кодовое название «AFOS» (Automation of Field Operations and Service — автоматизация полевых операций и служб).
«Science News», 106, 8, 9, 1974.



Профессор
О. К. ЛЕОНТЬЕВ

Дно океана

ПЛАНЕТАРНЫЕ МОРФОСТРУКТУРЫ

В последнюю четверть века, благодаря повсеместному внедрению эхолотов в практику глубинного промера, широчайшему развитию океанологических исследований вообще, и морской геофизики в частности, перед учеными стали вырисовываться основные черты строения подводного мира. Среди комплекса наук, интенсивно изучающих сейчас дно океана, значительное место принадлежит геоморфологии — науке о рельефе планеты Земля, ибо геоморфологические данные о морском дне — та основа, на которой строятся наши гипотезы об общих чертах строения литосферы, скрытой под водами Мирового океана.

В лаборатории морской геоморфологии (географический факультет Московского государственного университета), которой руководит автор этих строк, недавно были выполнены работы по определению площадей дна, расположенных в пределах определенных интервалов глубин — батиметрических ступеней, и построены суммарные кривые распределения глубин — батиграфические кривые. На основе этих данных видно, что большая часть океанского дна (более 54%) лежит на глубинах более 4 тыс. м, выявляется также общее сходство распределения глубин в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах. Однако информация о строении дна океана, содержащаяся в батиграфических кривых, имеет слишком общий характер, и, пользуясь ею, мы еще не в состоянии выделить основные элементы рельефа дна. Такую задачу можно осуществить, привлекая другие

Тонкая пленка воды, средняя толщина которой составляет всего лишь 0,006% земного радиуса, покрывает более двух третей поверхности нашей планеты. Это — Мировой океан. Под ним таится удивительный мир — горы и равнины, долины, плоскогорья и впадины, еще недавно совершенно недоступные для изучения.

средства, а именно — конкретные сведения о рельефе отдельных морей и океанов и их сравнительный анализ, а также геофизические данные, позволяющие судить о различиях в строении земной коры под теми или иными частями океанского дна.

Крупнейшими элементами рельефа дна Мирового океана являются подводные окраины материков, ложе океана, переходные зоны и срединно-океанические хребты. Благодаря глобальному распространению этих элементов рельефа и своеобразию их геологической структуры они называются **планетарными морфоструктурами** поверхности Земли.

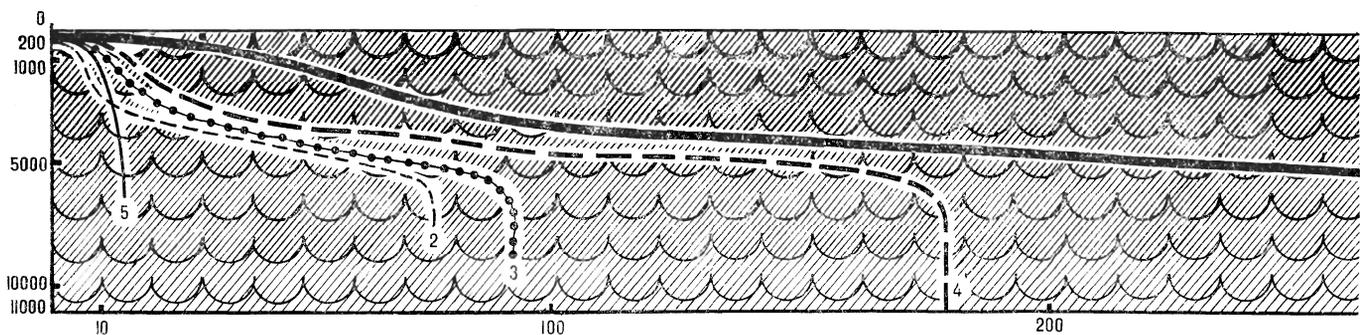
Подводные окраины материков представляют собой затопленные части материковых выступов — крупнейших положительных элементов рельефа земной поверхности. Они располагаются, как правило, в интервале сравнительно небольших глубин — от 0 до 3—3,5 км, сложены земной корой материкового типа, отличающейся большой средней мощностью — около 35 км (максимальная мощность до 60—80 км) и так называемым гранитным слоем в ее разрезе. Подводная окраина материков

имеет площадь 81,5 млн. км, переходная зона — 30,7, ложе океана — 193,8, срединно-океанические хребты — 55,2 млн. км. В процентах от общей площади океана это составляет, соответственно, 22,6; 8,4; 53,7; 15,3. В подводной окраине материка каждого из океанов обычно различают шельф, материковый склон и материковое подножье.

Всеобщий интерес к изучению шельфа, особенно возросший за последние десятилетия в связи с перспективами эксплуатации его минеральных ресурсов, казалось бы, избавляет от необходимости давать здесь его определение; однако в понимании термина «шельф» нередко допускаются неточности и ошибки. Нам представляется, что шельфом следует называть прибрежные относительно выровненные участки дна, характеризующиеся общностью структуры с прилегающей сушей. Например, обширные подводные равнины, окаймляющие Евразийский континент с севера, в геологическом и геоморфологическом отношении непосредственно продолжают Русскую равнину, Западно-Сибирскую низменность и Приморскую низменность северо-востока, а широкое мелководье Мексиканского залива представляет собой затопленную часть прибрежной моноклинали. Общая площадь шельфа в Мировом океане составляет более 31 млн. км².

Материковый склон — это зона океанского дна, непосредственно примыкающая к внешней стороне шельфа. Здесь характерно значительное возрастание уклонов поверхности при общем наклоне в сторону океана, а также сильное расчленение секущими

Глубина, м



ее ложбинами — **подводными каньонами**. Сейчас внимание к подводным каньонам усилилось, поскольку обнаружилась их отрицательная роль в балансе наносов береговой зоны. На некоторых побережьях (например, у Кавказского побережья Черного моря) вершины подводных каньонов подходят почти вплотную к берегу и перехватывают прибрежные наносы, тем самым способствуя разрушению берега волнами. Более общее значение подводных каньонов заключается в том, что по ним движутся **мутьевые потоки**, которые переносят осадки из шельфовой зоны океана в глубоководную. Осадки, отлагаясь у основания материкового склона, образуют здесь мощные толщи третьего элемента подводной окраины материка — **материкового подножия**. В большинстве случаев это наклонная аккумулятивная равнина, постепенно выходящая вниз по склону. Значительно реже материковое подножие — пограничная зона между материковым склоном и ложем океана представлена глыбовым горным рельефом.

С внешней стороны материковое подножие граничит с **ложем океана**, его самой глубоководной частью, занимающей большую площадь (более 53%). Ложье характеризуется чередованием огромных котловин и разделяющих их хребтов и возвышенностей. Эта планетарная морфоструктура сложена земной корой океанического типа. Она отличается малой толщиной (обычно менее 7—8 км, в большей части — менее 5—6 км) и не имеет гранитного слоя. Здесь под осадками и вулканогенно-осадочными

породами залегают плотные базальтовые породы, подстилаемые верхней мантией Земли.

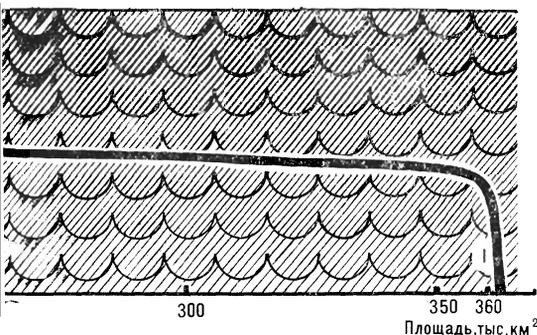
Океаническое ложе имеет расчлененный и разнообразный рельеф. В тех частях котловин, которые примыкают к материковому подножию, нередко располагаются плоские равнины, сложенные мощной толщей донных осадков. Они сменяются волнистым или холмистым рельефом, часто встречаются здесь и отдельные подводные горы, которые иногда поднимаются над окружающим дном на 5—6 км, и вершины их выступают над уровнем моря.

Котловины в большинстве случаев огромны, например площадь Северо-Восточной котловины Тихого океана больше площади Северной Америки. Они разделены океаническими поднятиями различного строения. Среди них есть такие, которые образуют единую планетарную систему грандиозных сооружений, тянущуюся из океана в океан. Это — **срединно-океанические хребты**. Другие поднятия представляют собой гигантские сводообразные вздутия океанической коры протяженностью несколько тысяч, а шириной несколько сотен километров при относительной высоте до 5 км и более. Большинство таких поднятий, которые можно назвать **океаническими сводообразными валами**, служит основанием для различных групп океанических островов. Обычно вдоль гребней сводообразных валов протягиваются цепочки вулканов. Наиболее грандиозный Гавайский вал увенчан грядой вулканических Гавайских островов. Высота одной из подводных вершин — Мауна-Лоа около

4200 м, что при глубине у подножия хребта 6000 м дает относительное возвышение этого хребта более 10 000 м. Кроме Гавайев, известны и другие океанические острова с действующими или недавно потухшими вулканами (например, Реюньон в Индийском океане, острова Таити и Кука в Тихом океане).

Встречаются океанические хребты и с иным строением. Они представляют собой более или менее вытянутые блоки океанической земной коры, как бы выкроенные по системам разломов и поднятые относительно прилегающих пространств океанского дна. Такие хребты называют **глыбовыми**. Нередко вдоль их подножия тянутся очень глубокие ложбины. По небольшим глыбовым хребтам и сбросовым впадинам, или «трогам», в пределах ложа океана прослеживается ряд крупнейших зон разломов. Они пересекают почти все планетарные структуры. Например, Тайван-Каролинская система разломов сечет и ложе океана, и переход-

Батиграфические кривые океанов: Мирового океана — 1, Индийского — 2, Атлантического — 3, Тихого — 4, Северного Ледовитого — 5. Большое сходство батиграфических кривых Тихого, Атлантического, Индийского, а также Мирового океанов косвенно свидетельствует о сходном их происхождении. Резкое отличие батиграфической кривой Северного Ледовитого океана, по-видимому, говорит о том, что этот океан может считаться таковым лишь в силу традиции, в действительности же он представляет собой крупный залив Атлантического океана



ную зону. Некоторые из этих разломов удастся наблюдать и в пределах континентов.

Среди подводных гор океанского ложа привлекают внимание горы с высоко поднятыми и отмершими коралловыми рифами, а также гайоты — плосковершинные подводные горы. Встречаются горы, увенчанные современными рифовыми постройками.

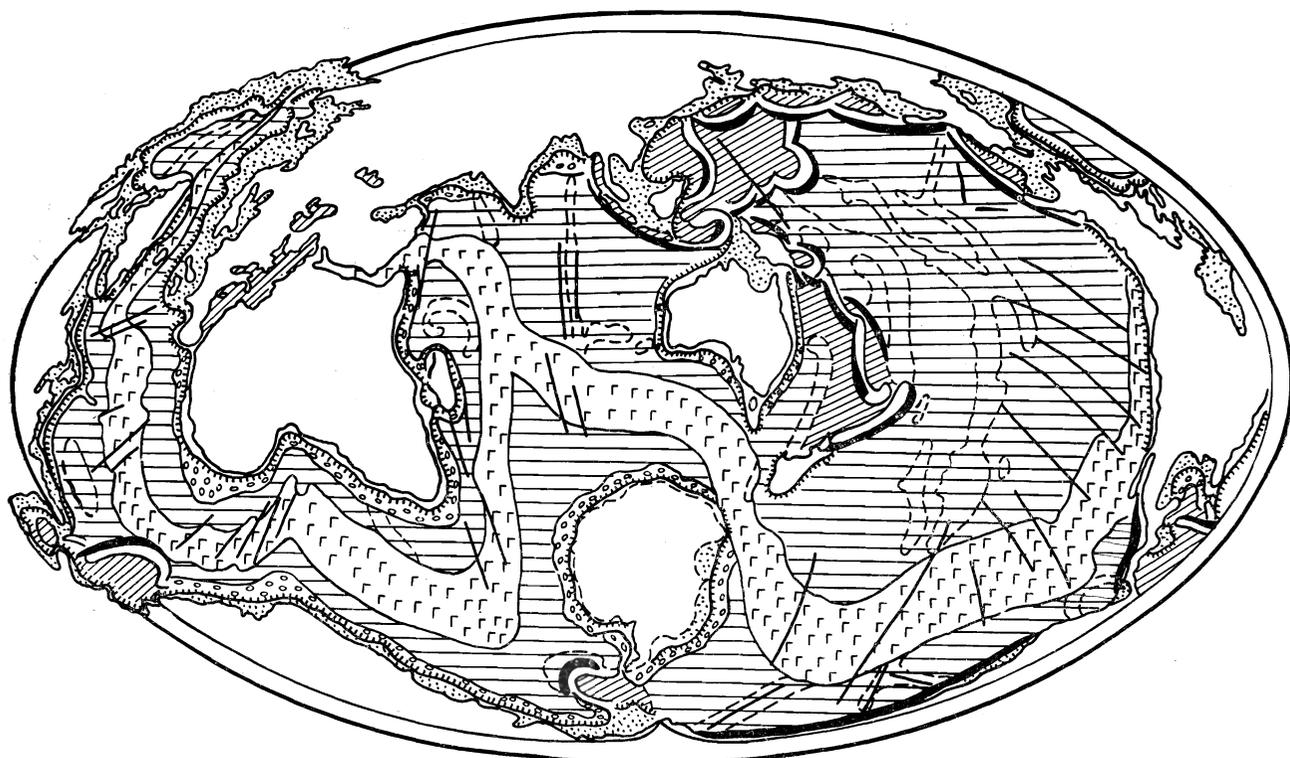
Еще Ч. Дарвин отмечал, что коралловые рифы представляют собой прекрасный индикатор вертикальных движений земной коры в области океана. О. К. Леонтьевым, А. Н. Лукьяновым, В. П. Медведевым в 1974 году была разработана классификация коралловых островов, которая помогла выяснить направление и интенсивность вертикальных движений земной коры. Применение этой классификации к анализу земной коры в пределах ложа океана показало, что здесь не только днища котловин, но и положительные формы рельефа — горы, горные хребты и валы — испытывают главным образом опускание, то есть отрицательные движения земной коры. Если бы не было вертикальных движений, невозможно было бы объяснить, почему (судя по результатам бурения на коралловых островах) мощность коралловых известняков достигает 1300 м, хотя рифообразующие кораллы по условиям их обитания не могут жить на глубинах более 50 м. Любопытно, что средняя глубина над вершинами гайотов также составляет около 1300 м. Заметим, что плоские вершины гайотов могли образоваться лишь тогда, когда они были примерно на уровне моря или выше. Значит, с тех пор гайоты, как и коралловые постройки, испы-

тали погружение на 1300 м. Палеонтологические данные показывают, что эта величина характеризует погружение за период со времени эоцена, то есть примерно за 60 млн. лет.

Не везде материковые выступы непосредственно граничат с ложем океана. На большей части окраин Тихого океана переход от океана к материку имеет более сложный характер. Здесь литосфера состоит из глубоких котловин окраинных морей (типа Берингова или Охотского), островных дуг — вулканических хребтов, вдоль гребней которых обычно протягивается гирлянда островов, и глубоководных желобов — узких депрессий, как правило, располагающихся с внешней стороны островных дуг. К желобам и приурочены максимальные глубины Мирового океана. Всю эту планетарную морфоструктуру называют **переходной зоной**. В отличие от спокойных подводных окраин материков, которые испытывают слабое погружение, и от ложа океана в переходных зонах идут напряженные тектонические процессы. Здесь часты разрушительные землетрясения, извергаются современные вулканы, резко дифференцированы вертикальные движения земной коры. Здесь наблюдается максимальная на земном шаре контрастность рельефа: рядом с глубокими впадинами в 10—11 км возвышаются до 5 км горные вершины. Строение земной коры также отличается большой неоднородностью. Сейсмические исследования показывают, что под котловинами окраинных или средиземных морей (типа Черного моря) земная кора имеет сходное строение с океанической, отличаясь от нее лишь большой мощ-

ностью осадочного слоя. Под зрелыми островными дугами (например, под Японскими и Филиппинскими островами) залегает материковая земная кора, а под глубоководными желобами — океаническая или субокеаническая.

Сравнительный морфологический анализ различных частей переходных зон показывает, что они составляют довольно закономерный морфогенетический ряд. Так, есть переходные области, представленные только глубоководным желобом, например желоб Витязя, не сопровождающийся островной дугой («Земля и Вселенная», № 1, 1974 г., стр. 22—26.— Ред.), а другие области, например Марианская, имеют четко выраженный и очень глубокий желоб и островную дугу, преимущественно подводную, с мелкими островами. Если же мы обратимся к Курильским или Алеутской островным дугам, то увидим, что желоба здесь менее глубоки, а в пределах островных дуг наблюдаются уже относительно крупные острова, причем некоторые из них сложены материковой корой. Еще более «зрелыми» выступают системы Японских, Филиппинских и Больших Антильских островов. Суша здесь образует обширные островные массивы с типичной материковой корой (например Куба, за исключением ее самой южной части). Наконец, Черное и Средиземное моря, а также южная впадина Каспия, имеющие субокеаническое строение земной коры и сходные во многом другим с остальными переходными областями, отличаются резким преобладанием пространства с материковой земной корой. В Средиземном море сохранился в виде ре-



ликта лишь небольшой и относительно неглубокий желоб (у южного края острова Крит). Происходит как бы постепенное нарастание «материкового элемента» по мере смены одного типа переходной зоны другим. Наряду с этим наблюдаются также закономерные изменения вулканической и тектонической интенсивности: вулканизм, тектоническая подвижность, частота и сила землетрясений то достигают максимума (например, Ку-

рильский район), то ослабевают (например, Средиземное море). Таким образом, складывается впечатление, что именно в переходной зоне формируется материковая кора и что по мере развития этого процесса и усиления материкового элемента напряженность тектонических сил постепенно ослабевает. Материковые платформы, где формирование материковой коры завершено, тектонически стабильны.

Одним из величайших открытий в науках о Земле за последние 15 лет было открытие планетарной системы **срединно-океанических хребтов**. Это — гигантские сводовые вздутия земной коры с рифтовой структурой. («Земля и Вселенная», № 5, 1974 г., стр. 23—33.— Ред.) Для рифтовых зон характерна повышенная плотность пород, что обусловлено особым типом земной коры, состоящей из смеси океанической (базальтовой) коры и материала верхней мантии. Такой вывод подтверждается и тео-

ретическими соображениями, и находками ультраосновных пород.

Образование срединно-океанических хребтов, таким образом, сопровождается не только преобразованием рельефа, но и существенным изменением состава пород. Подавляющее большинство исследователей считает, что и образование срединных хребтов и внедрение пород верхней мантии в базальтовый слой земной коры происходят в результате зонального вздутия и сопровождающего его растяжения земной коры с последующими разрывными деформациями. Срединно-океанические хребты тектонически активны: здесь развит современный вулканизм и сосредоточены эпицентры землетрясений, отражающих высокую напряженность тектонических процессов.

Вопрос о причинах тектонических и горообразовательных движений земной коры в срединно-океанических хребтах остается неясным, как, впрочем, неясен вопрос и о причинах гео-

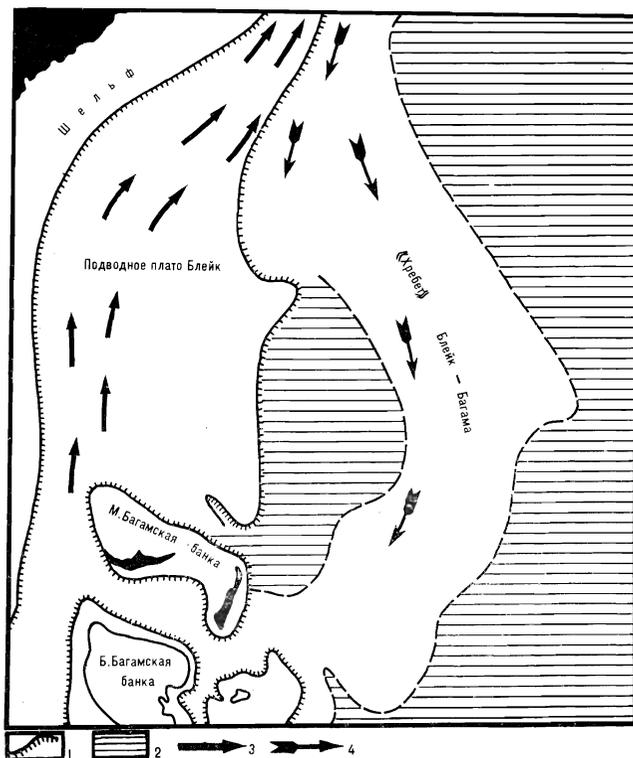
■
Основные элементы рельефа и геологической структуры дна Мирового океана. Подводная окраина материков: 1 — шельф, 2 — материковый склон, 3 — материковое подножие. Переходная зона: 4 — котловины окраинных и средиземных морей, 5 — островные дуги, 6 — глубоководные желоба, 7 — ложе океана, 8 — горные поднятия, 9 — крупнейшие разломы, 10 — срединно-океанические хребты

синклинальных процессов, протекающих в переходных зонах. Но так или иначе, это — процессы, «корни» которых находятся где-то в глубоких недрах нашей планеты и которые могут проецироваться на земную поверхность необязательно в океанах. Действительно, в ряде случаев образование рифтовых структур происходит и в пределах материков, причем чаще всего на продолжении срединно-океанических хребтов. К такого рода структурам относятся Аденский залив и Красное море, как бы зияющие, широко раскрытые трещины в Африкано-Аравийской материковой платформе, рифты Восточной Африки, «омоложенные» горные сооружения Дальнего Запада Северо-Американского континента.

СИЛЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ РЕЛЬЕФ ОКЕАНСКОГО ДНА

Пока мы говорили о вулканах и землетрясениях, о тектонических движениях, изменяющих земную кору под океанами и создающих крупнейшие формы его рельефа. Но рельеф поверхности планет земной группы формируется в результате одновременного воздействия (и взаимодействия) трех видов сил — космических, экзогенных и эндогенных.

Мы не будем касаться вопроса о весьма проблематичной роли космических сил в формировании рельефа дна Мирового океана. Что касается экзогенных факторов, то до недавнего времени важнейшими из них считались морские волны, поверхностные течения и морские организмы. Крупнейшие формы рельефа создаются рифообразующими коралла-



ми (коралловые рифы). На морское дно в пределах мелководья непосредственно воздействуют волны и поверхностные течения, а огромные пространства дна, лежащие на батимальных (более 1000 м) и абиссальных (более 3000 м) глубинах, испытывают лишь воздействие осадочного процесса — медленного выпадения на дно моря мельчайших частиц, находящихся во взвеси в толще воды.

Однако условия поступления осадочного материала и выпадения его из взвеси не везде одинаковы. Боль-

шая часть этого материала поступает как продукт разрушения пород, слагающих континенты. На шельфе, куда осадочный материал с суши поступает прежде всего и где воды очень подвижны до самых придонных слоев, задерживается лишь часть его, остальная же осадочный материал выносится за пределы шельфа. На крутом материковом склоне условия для отложения больших масс осадков также благоприятны. Благодаря возрастанию уклонов в этой зоне морского дна развиваются такие явления, как подводные оползни и мутьевые потоки, представляющие собой мощные механизмы переноса больших масс осадков с более высоких на более низкие гипсометрические уровни. Подвижность осадочного материала резко снижается в области материкового подножия. Здесь в течение многих десятков и сотен миллионов лет существования океана накопились мощные (до нескольких километров) толщи осадков.

В пределы ложа океана попадает лишь небольшая доля продуктов раз-

Гигантская абиссальная аккумулятивная форма — «хребет» Блейк-Багамы. Эта форма рельефа образовалась благодаря непрерывному в течение многих десятков миллионов лет поступлению осадочного материала с донным Пограничным течением. Условные обозначения: 1 — уступы материкового склона, 2 — котловины ложа океана, 3 — направление Гольфстрима, 4 — направление донного Пограничного течения



рушения суши. К этому осадочному материалу здесь примешиваются нерастворимые или труднорастворимые остатки морских организмов, вулканические продукты, а также различные частицы, образующиеся в результате химических процессов, протекающих в морской воде и на дне. Все эти частицы медленно перемещаются вместе с течениями, постепенно оседают на дно, образуя покровы морских отложений, словно плащом покрывающий неровности коренного рельефа подводных котловин и поднятий. Некоторые крупные районы океана особенно выделяются обилием такого осадочного материала, а другие, например область действия Тихоокеанского Экваториального течения, — переносом этого материала в пределах сравнительно узкой зоны. В результате на дне образуется крупнейшая аккумулятивная форма рельефа — Восточно-Тихоокеанский экваториальный вал длиной до 3000 км, шириной до 500 км и относительной высотой до 1,5 км. По данным глубоководного бурения, эта гигантская донная аккумулятивная форма рельефа существует, по крайней мере, с палеогенового времени.

Подводное фотографирование глубоководных участков дна позволило обнаружить существенное воздействие донных течений на рельеф океанского ложа. Большинство таких течений, имеющих среднюю скорость 15—30 см/сек, связано с растеканием холодных антарктических вод по дну океана и формированием донных и глубинных водных масс Мирового океана. Установлено, что в Тихом и Атлантическом океанах эти течения проникают от экватора весьма дале-

ко на север. Кроме того, в Атлантическом океане, вдоль его западной окраины выявлено Пограничное донное течение, которое имеет направление, противоположное Гольфстриму, и образовано стоком холодных вод Норвежско-Гренландского бассейна. Оно исследовано относительно лучше других донных течений. Пограничное донное течение переносит большие массы осадков, и там, где оно замедляется или где особенно много осадочного материала, строят огромные положительные формы рельефа, напоминающие гигантские береговые косы или пересыпи. Размеры этих структур таковы, что первоначально их принимали за хребты, например Ньюфаундлендский и Блейк-Багамский, однако данные сейсмоакустического профилирования и глубоководного бурения показали, что на самом деле это не «хребты», а гигантские насыпные формы рельефа.

Крупнейшие формы рельефа создают и мутьевые потоки. Огромные массы осадочного материала, переносимого в мутьевых потоках, осаждаются у самых устьев подводных каньонов, образуя гигантские накопления типа дельт или конусов выноса. Эти накопления поражают своими размерами, например площадь конуса выноса подводного каньона Ганга лишь немногим меньше 1 млн. км². Во многих случаях наклонные аккумулятивные равнины материкового подножия представляют собой слившиеся многочисленные конусы выноса подводных каньонов.

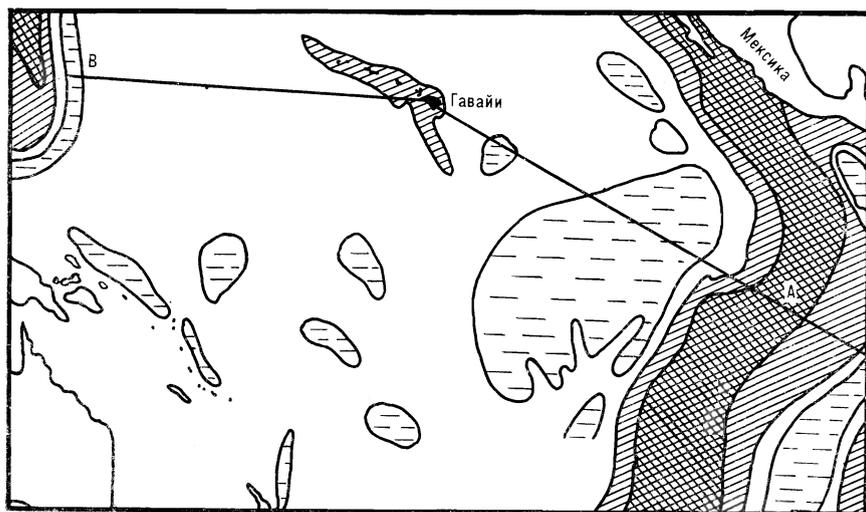
Таким образом, и экзогенные факторы — преимущественно различные течения — мощные соиздатели

океанского дна, и нередко их деятельность приводит к результатам, вполне сопоставимым с результатами тектонических процессов. Глубокое изучение природы и результатов деятельности экзогенных процессов на дне океана составляют одну из важнейших задач морской геоморфологии.

ТРИ ГИПОТЕЗЫ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ОКЕАНСКОГО ДНА

Весьма сложна и вместе с тем чрезвычайно заманчива задача выявления причин возникновения и закономерностей развития рельефа Мирового океана. Данная задача перерастает чисто геологическую или геоморфологическую проблемы, поскольку она представляет собой одну из проблем истории океана вообще, которая не ограничивается лишь рассмотрением развития литосферы в его пределах, но органически включает в себя проблемы истории и развития водной оболочки и жизни в океане.

Основываясь на космогонической гипотезе С. Ю. Шмидта, наиболее удовлетворяющей современным геологическим данным об истории Земли, ученые почти единодушно считают, что воды Мирового океана в своей основе являются продуктом дегазации вещества верхней мантии. Поскольку этот процесс продолжается и поныне, о чем свидетельствуют современные извержения вулканов, выделение ювенильных вод и т. д., следует, очевидно, считать, что количество воды в океане медленно, но неуклонно возрастает. Предполагается, что в среднем за большие промежутки времени прибыль воды в океане



не повышает его уровень примерно на 1 мм за 1000 лет. Учитывая другие факторы: повышения и понижения уровня океана, автор подсчитал, что в мезозое, то есть более 65 млн. лет назад, уровень океана был выше современного почти на 1 км.

Анализ строения коралловых атоллов в океане показал, что за кайнозойское время дно океана прогнулось примерно на 1300 м. Это, естественно, должно было вызвать соответствующее понижение уровня океана, но одновременно действовали и факторы,

обуславливающие поднятия уровня. В частности, продолжалось поступление воды в гидросферу Земли. Средняя глубина океана за это время возросла почти на 1 км. Поскольку средняя глубина современного океана около 4 км, значит средняя глубина мезозойского океана была около 3 км, то есть и в мезозое океан был достаточно глубоким. Результаты глубоководного бурения в океане показывают, что действительно мезозойские осадки абиссальные, в общем аналогичные современным осадкам океанического ложа.

Появление жизни в океане существенно преобразовало состав воды, как и состав атмосферы. Академик Л. А. Зенкевич считал, что уже к началу палеозоя практически сложились все типы и большинство классов животных и растений и что к этому времени сформировались атмосфера и гидросфера, по своему качественному составу аналогичные современным. Имея в виду теснейшую взаимосвязь развития литосферы, биосферы, гидросферы и атмосферы, можно полагать, что и геологическая структура дна океана в начале палеозоя была во многом уже подобна современной.

В вопросе о происхождении и истории развития океана, как геолого-

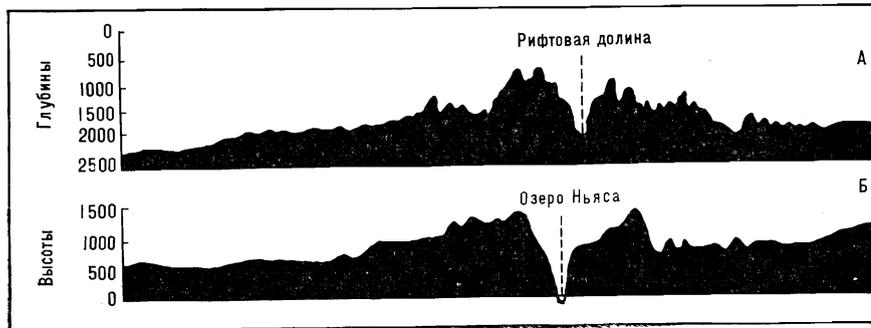
геоморфологической категории, есть несколько взаимоисключающих точек зрения. Одни исследователи рассматривают океанический тип земной коры, как исходный. Согласно этим взглядам, благодаря преобразованию и трансформации океанической коры в переходных зонах формируются новые «полосы» материковой коры, которые наращивают по периферии ранее сформировавшиеся материковые платформы.

Другие ученые считают, что материнская земная кора некогда покрывала всю Землю. Образование океанов они связывают с обрушением, провалами обширных глыб материковой коры. Геосинклинальные зоны (переходные), по мнению сторонников этой точки зрения, также закладываются на материковой коре.

Третья группа исследователей связывает образование океанов с горизонтальными перемещениями плит литосферы. Пробразом этой гипотезы была широко известная в свое время гипотеза дрейфа материков. («Земля и Вселенная» № 5, 1974 г., стр. 20—28.— Ред.) Современная модификация гипотезы дрейфа плит старается воедино увязать геосинклинальную гипотезу и взгляды на происхождение срединно-океанических хребтов. Попытку рассмотреть развитие геосинклиналей и срединно-океанических хребтов, как две стороны единого тектонического процесса, несомненно, можно считать наиболее заманчивой и прогрессивной стороной этой гипотезы.

Согласно теории глобальной тектоники, происходит движение своеобразного конвейера с восходящей ветвью в районе рифтовых зон сре-

Пространственное распределение теплового потока в средней части Тихого океана: 1—тепловой поток свыше 2 единиц, 2—от 1,5 до 2 единиц, 3—от 1 до 1,5 единиц, 4—менее единицы. Если проследить изменения значений теплового потока по линии АВ, то мы увидим неоднократное его убывание и возрастание, тогда как, согласно методике тектоники плит, значения теплового потока должны постепенно понижаться от А к В. Обращает на себя внимание тот факт, что наиболее обширные области с минимальными значениями теплового потока примыкают непосредственно к зонам его максимальных значений



динных хребтов и нисходящей — в зоне глубоководных желобов. Материки, по образному выражению Р. Дитца — одного из авторов этой гипотезы, представляют собой как бы «пену» на поверхности подвижной плиты и перемещаются вместе с ней.

Какой механизм поддерживает это движение? Мобилисты называют тепловую конвекцию. Имеется в виду, что в относительно разуплотненном слое земных недр — астеносфере, подстилающем литосферу, образуются мощные конвективные ячейки, вовлекающие в это движение и плиты литосферы.

По представлениям сторонников гипотезы глобальной тектоники, рассмотренный механизм постоянного обновления морского дна приводит к тому, что по мере удаления от рифтовых зон срединно-океанических

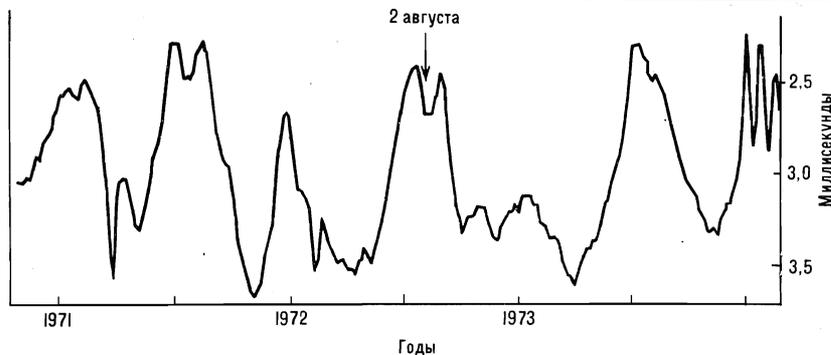
хребтов дно океана «стареет». Глубоководным бурением с американского судна «Гломар Челленджер» действительно наиболее древние породы, слагающие океанское дно (юрские), были подняты на периферии океанов, на максимальном удалении от срединных хребтов. Однако у нас нет полной уверенности, что и на других участках дна вскрытые более молодые отложения являются самыми древними для этих участков: скважины «Гломар Челленджер» заканчивались бурением обычно в базальтах, нередко в таких, которые представляют собой результат подводных вулканических извержений и, возможно, перекрывают более древние отложения.

Весьма сомнительно также образование столь крупных конвекционных ячеек в литосфере и астеносфере, отличающихся, как показывают геофизические данные, очень большой неоднородностью и в вертикальном, и в горизонтальном направлениях. Некоторые сторонники гипотезы разрастания океанского дна склонны заметить термическую конвекцию гравитационной, но тогда непонятно, почему сверху движется тяжелый мате-

риал — ультраосновные породы. Кроме того, с точки зрения признания гравитационной конвекции, трудно объяснить образование конвекционных ячеек столь большой протяженности — от рифтовых зон до глубоководных желобов. Анализ географического распределения теплового потока эндогенного происхождения (поступающего из недр Земли к ее поверхности) показывает, что зоны высоких значений потока непосредственно граничат с зонами низких значений. А это означает, что движение глубинного вещества происходит преимущественно по вертикали.

Автору представляется (хотя следует оговориться — это далеко не общепринятая точка зрения), что наиболее удовлетворяет имеющимся данным гипотеза о **первичности океанского дна**. История формирования вместилищ океана — это, по нашему мнению, прежде всего история сокращения его площади в результате отчленения крупных периферийных участков ложа и последующей их переработки под действием геосинклинального процесса в материковые структуры. Вместе с тем очевидно, что по крайней мере с начала кайнозоя, а может быть еще и в мезозое, стал с нарастающей интенсивностью проявляться и противоположный процесс — разрушение материков под воздействием **рифтогенеза**, то есть образование и развитие срединно-океанических хребтов. Вполне возможно, что эти два планетарных геологических процесса, о причинах действия которых мы пока почти ничего не знаем, и представляют собой основную сущность истории формирования дна океанов.

■
Профили через срединно-океанический хребет Индийского океана (А) и через рифт озера Ньяса в Восточной Африке (Б). Оба профиля выполнены в одинаковом масштабе. Большое морфологическое сходство рельефа структур очевидно



ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

В конце прошлого столетия было установлено, что Земля вращается вокруг своей оси неравномерно. В 1955 году, когда появились атомные часы, точность, с которой определяются изменения скорости вращения Земли, возросла почти в 100 раз. Сейчас свыше 40 служб времени измеряют Всемирное время и сравнивают его с показаниями атомных часов. Эти наблюдения и позволяют следить за изменениями скорости вращения Земли или, что то же самое, длительности суток.

С 1955 по 1972 год Земля замедлила свое вращение. Длительность суток возрастала ежегодно на 0,00013 секунды, что примерно в 15 раз быстрее, чем в результате приливного торможения. Из-за этого замедления сутки в 1972 году были на 0,0025 секунды длиннее, чем в 1955 году. На фоне постепенного замедления с 1955 по 1967 год наблюдалось колебание скорости вращения Земли с периодом около 10 лет и амплитудой 0,0003 секунды. («Земля и Вселенная», № 3, 1971 г., стр. 28—31.—*Ред.*) Минимумы отмечались в 1957 и 1966 годах, максимум — в 1961 году. После 1968 года это «колебание» не было обнаружено, что свидетельствует о нерегулярном характере подобных изменений скорости вращения Земли.

С 1973 года и по сей день Земля ускоряет свое вращение. Смена замедления на ускорение в 1972 году вызвана медленными нерегулярными вариациями скорости вращения Земли, характерное время которых исчисляется десятилетиями. Природа медленных флуктуаций пока не выяснена.

Наиболее «правильными» вариациями скорости вращения Земли являются сезонные колебания. Скорость вращения бывает минимальной в апреле и ноябре, максимальной — в конце января и июля.

Январский минимум 1974 года характеризовался очень быстрым возрастанием скорости вращения Земли. С 15 ноября по 30 декабря 1973 года она увеличилась настолько, что сутки сократились на 0,0011 секунды. Подобное уменьшение длительности суток японские и французские ученые интерпретировали как внезапное ускорение скорости вращения Земли. Однако и в этом случае изменение скорости не было скачкообразным, а было вызвано большой аномалией сезонного колебания скорости вращения Земли.

Со 2 по 12 августа 1972 года произошло несколько исключительно мощных вспышек на Солнце. Американские исследователи Д. Гриббин и С. Плейджмен утверждают, что после вспышек наблюдался скачок скорости вращения Земли. Однако этот вывод нам кажется слишком поспешным. Действительно, на графике изменения скорости вращения Земли около 2 августа 1972 года заметен «провал». Если бы мы привели ход угловой скорости только в 1972 году, как это сделали Д. Гриббин и С. Плейджмен, то совпадение «провала» со вспышками на Солнце было бы столь подкупающим, что его случайность казалась бы недопустимой. Но когда мы рассматриваем кривую за несколько последних лет, то видим аналогичные «провалы» в июле 1971 и 1974 го-

Изменение длительности земных суток в 1971—1974 годах. Самые короткие сутки бывают в январе и июле, самые длинные — в апреле и ноябре. В январе 1971, 1972 и 1974 годов сутки были продолжительнее, чем в 1973 году. Летом отмечается небольшое уменьшение длительности суток («провалы» на графике). В 1972 году это уменьшение совпало с началом мощных вспышек на Солнце

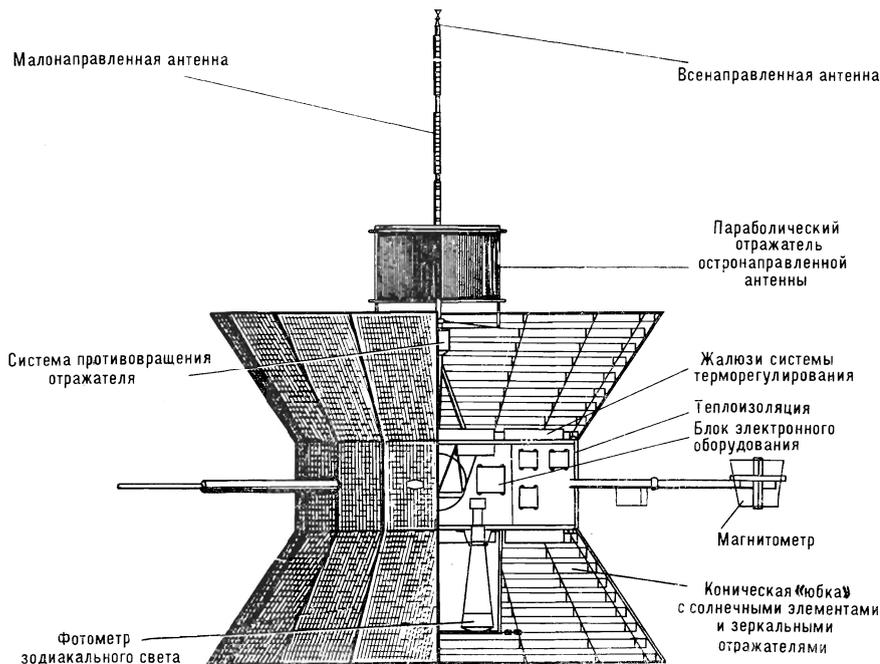
дов, когда на Солнце не наблюдалось таких мощных вспышек. Вероятно, кратковременное нарушение вращения Земли в августе 1972 года связано не со вспышками на Солнце, а с особенностями сезонных колебаний скорости вращения Земли в 1971—1974 годах. Повлияли ли эти вспышки на смену замедления ускорением вращения Земли, которая наступила в 1972 году, установить не удалось.

Кандидат физико-математических наук
Н. С. СИДОРЕНКОВ

НА ОКОЛОСОЛНЕЧНОЙ ОРБИТЕ «ГЕЛИОС-1»

Западногерманские ученые создали автоматические станции «Гелиос», предназначенные для изучения околосолнечного пространства. Запуск «Гелиоса-1» состоялся 10 декабря 1974 года. Эта станция спусти примерно 90 суток прошла в 45 млн. км от Солнца — ближе, чем все ранее запущенные космические аппараты.

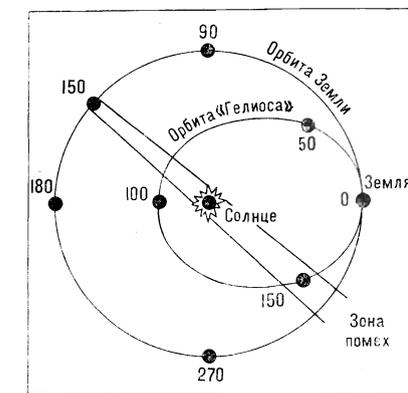
«Гелиос-1» будет исследовать околосолнечные магнитные поля; плотность, температуру, скорость и направление потока солнечной плазмы; метеорную обстановку; космические лучи солнечного и галактического происхождения. На станции установлены два магнитометра, измеряющие напряженность магнитных полей на уровнях от 25 до 400 гамм; прибор для регистрации электронов с энергией 0,05—5 Мэв и протонов с энергией 1—800 Мэв; детектор космических частиц с энергией свыше 1000 Мэв; фотометр зодиакального света и другая аппаратура. Часть приборов сделана западногерманскими, часть — американскими специалистами. Вес станции примерно 350 кг, высота корпуса 4,2 м, максимальный диаметр 2,7 м, размах штанг для выноса приборов 30,6 м.



Перед конструкторами «Гелиосов» стояли две наиболее сложные проблемы: как наладить надежную связь с Землей, от которой станция удалится на 300 млн. км, и как обеспечить приемлемый температурный режим при значительном изменении интенсивности солнечного нагрева.

Чтобы успешно разрешить первую проблему, западногерманские специалисты установили на стабилизируемой вращением станции остронаправленную антенну с параболическим отражателем. Система противовращения обеспечивает постоянную направленность отражателя на Землю. Будут, однако, периоды, когда и эта антенна окажется беспомощной. Если станция находится примерно на одной прямой с Землей и Солнцем, солнечное радиоизлучение создает такие сильные помехи, что связь становится практически невозможной. В это время информация от научных приборов и данные о работе бортовых систем будут записываться и после выхода станции из зоны помех передаваться на Землю.

Заданный тепловой режим поддерживается благодаря вращению станции. Оригинальная форма — две конические «юбки», прикрепленные к средней части, которая имеет вид шестнадцатигранной призмы, — уменьшает нагрев станции солнечными лучами. На орбите «Гелиос» ориентируется так, что его ось



вращения перпендикулярна направлению на Солнце. Солнечные лучи падают отвесно лишь на среднюю часть, а на конические «юбки» — под меньшим углом, что снижает их нагрев. Средняя часть обшита

Станция «Гелиос» (Рисунок из журнала «Raumfahrtforschung», 16, 156, 1972 г.)

Орбита автоматической станции «Гелиос-1». Черные кружки и цифры рядом с ними соответствуют расчетному положению Земли и станции в указанные сутки полета на первом витке вокруг Солнца (Рисунок из журнала «Umschau», 74, 17, 1974 г.)

теплоизоляцией, а также снабжена жалюзи, которые открываются и закрываются в зависимости от степени нагрева. На конических «юбках» солнечные элементы чередуются с зеркальными отражателями. Даже при максимальном приближении к Солнцу температура солнечных элементов не превысит 170°C , что вполне допустимо.

Чтобы вывести станцию на гелиоцентрическую орбиту с перигелием 45 млн. км, ей нужно было придать очень большую скорость у Земли, то есть потребовалась ракета-носитель с весьма высокими энергетическими характеристиками. («Земля и Вселенная», № 4, 1972 г., стр. 41—45.— *Ред.*) Такую ракету «Титан ЗЕ-Центавр-Бёрнер-2» для западногерманской станции «Гелиос» предоставили США. Ракета четырехступенчатая, если не считать нулевой ступени — двух огромных (диаметр 3 м, длина 26 м) твердотопливных стартовых двигателей. Первые две ступени представляют собой модифицированную межконтинентальную ракету «Титан», которая использует высококипящие компоненты топлива. Третья ступень — ракета «Центавр» снабжена двигателями, работающими на жидком водороде и жидком кислороде. Четвертая ступень с твердотопливным двигателем ТЕ 364 — разгонная. Она сообщает станции, уже выведенной на гелиоцентрическую орбиту, дополнительную скорость, чтобы обеспечить проход на заданном расстоянии от Солнца.

Станция «Гелиос-1» выведена на гелиоцентрическую орбиту, близкую к расчетной. Один оборот вокруг Солнца она совершает за 192 суток. Информацию со станции предполагают принимать по крайней мере в течение полутора лет. За это время она трижды пройдет перигелий. Первые данные при сближении с Солнцем на расстоянии 45 млн. км получены в начале марта 1975 года.

Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ



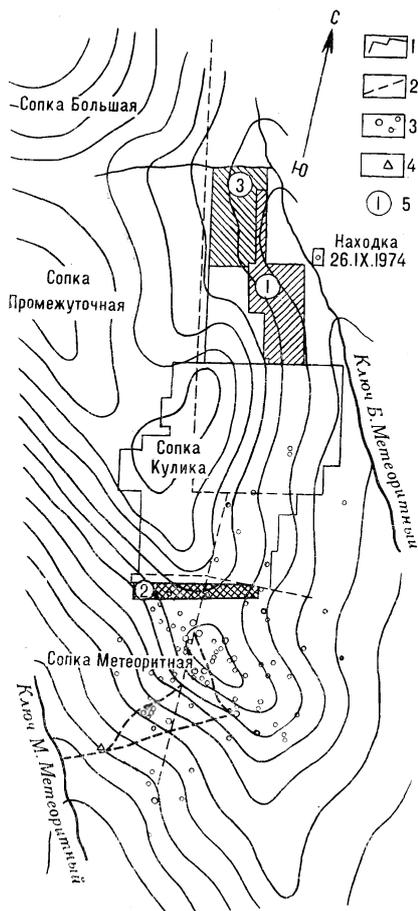
Кандидат физико-математических наук
А. И. ЕРЕМЕЕВА

И снова «...за туманом и за запахом тайги»

В 1973—1974 годах мне довелось участвовать в седьмой и восьмой экспедициях Комитета по метеоритам АН СССР, исследовавших район падения Сихотэ-Алинского железного метеоритного дождя.

Участники экспедиции обычно отправляются в начале августа, частью поездом, частью самолетом. Во время недельного путешествия по железной дороге, после быстро промелькнувшей мягкой подмосковной природы за окнами сменяют друг друга горы Урала, бесконечные просторы полей, лугов со стогами сена и лесов Сибири. Бегут рядом с поездом и теряются за горизонтом ленты малоизвестных у нас «на западе» и неожиданно больших, полноводных рек. Но постепенно надо всем утверждается господство сопок — бесконечные ряды невысоких, сплошь покрытых лесами гор, иссиня-зеленых летом и удивительно пестрых в начале октября, когда золото берез рассыпается по неизменно зеленому ковру хвойных деревьев. А где-то во второй половине пути почти весь вагон не спит и ловит в объективы фото- и кинокамер первые проблески рассвета, чтобы сохранить на память грандиозные просторы Байкала: поезд «Россия» проходит по его берегам ночью. В целом дорога к месту падения железного космического «дождя» составляет почти четверть окружности земного шара — свыше девяти тысяч километров.

Но в прошлом году я летела самолетом. Восемь с половиною часов — и могучий «Ту-114» перенес меня за тысячи километров от Москвы в пространство и на семь часовых поясов вперед во времени.



Район падения Сихотэ-Алинского метеоритного дождя: 1 — граница обследованной миноискателями зоны; 2 — просеки и тропы; 3 — метеоритные кратеры и воронки; 4 — лагерь экспедиции; 5 — распределение участков по отрядам в 1974 году

Дальний Восток. Приморский край. Географическая широта Крыма. Южное солнце и соседство сурового холодного гиганта — Тихого океана, умеряющего буйство субтропиков. В одном из наших шуточных поздравлений на традиционном в экспедиции празднике «дня рождения» говорилось:

И здесь, вдали родного Крыма,
В краю контрастов незнакомых,
Познаешь Космосы не зримо,
А непосредственно, весомо...

Только ощутив под ногами разновозрастные скальные породы сопки, постояв на краю почти 30-метрового в шесть метров глубиной кратера № 1, услышав в наушниках миноискателя неумолчные сигналы бесчисленных метеоритных осколков на кратерном поле, наконец, переноса в лагерь железно-тяжелые, уже по контрасту с их небольшими размерами, куски метеорита, почувствуешь реальность и масштабы события 27-летней давности, когда февральским утром с Земли столкнулась «сбившаяся с пути» маленькая планетка — 3—4-метровая глыба железного астероида. Встреча Земли с многотонным космическим телом (по оценке Е. Л. Кринова около 70 т) — событие почти уникальное и за всю известную историю человечества, а тем более за двухвековую историю изучения метеоритов — единственное наблюдавшееся непосредственно. Вот почему Комитет по метеоритам АН СССР провел, помимо четырех первых (1947—1950 гг.), еще восемь экспедиций (1967—1974 гг.) в этот глухой район уссурийской тайги. С 1967 года их возглавляет

непременный участник и энтузиаст этих исследований доктор геолого-минералогических наук Е. Л. Кринов.

Район выпадения основной массы космического вещества в западных отрогах Сихотэ-Алиня невелик (1,5×2,5 км), вытянут приблизительно с севера на юг (почти так летел и наблюдавшийся перед этим болид) и прилегает к нескольким сопкам — от Метеоритной на юге (кратерное поле) до Большой. С востока и запада этот район, как считалось до сих пор, ограничен двумя речками, потаежному — ключами, Большим и Малым Метеоритными. Их окрестности, особенно первого, на десятки метров кочковато-болотистые (марь).

Сбор космического вещества проводился в двух участках района падения. В переднем, по направлению полета, южном работал отряд № 2 под руководством сотрудника Комитета по метеоритам АН СССР Р. Л. Хотинка. Километрах в полутора к северу — северо-востоку от лагеря, в хвостовой части — отряды № 1 и № 3, главной задачей которых было выявление границ так называемого эллипса рассеяния. Каждый отряд, состоявший из 8—9 человек, разбивался на бригады по 2—3 человека. По компасу они отмеряли продольные рабочие полосы (25×300 м) и тщательно обследовали их миноискателями. К 1973 году так была нащупана западная граница. В 1974 году отряд № 3, которым руководила ветеран метеоритных экспедиций сотрудница Минералогического музея Харьковского государственного университета Т. П. Жолудь, продвигался по западной половине района падения далее к северу. Восточные же рабочие полосы вышли



на болото близ Большого Метеоритного ключа. Здесь работал чисто мужской отряд № 1, командовать которым поручили мне. В целом работой по сбору вещества для изучения его рассеяния руководил заместитель начальника экспедиции В. И. Цветков.

Наряду с метеоритными отрядами, в состав экспедиции входила геологическая группа из трех человек под руководством Ю. В. Кестлане (Институт геологии АН ЭССР). Магнитные измерения в кратерах проводили магнитологи Ленинградского отделения Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР В. А. Старунов и Б. А. Дацук. Всего в 1974 году в экспедиции участвовало 40 человек различных специальностей из 11 городов. В моем отряде, например, были физики, астрономы, геодезисты и даже профессор математики.

Подобные научные экспедиции не предполагают каких-либо существенных материальных выгод и строятся в значительной степени на энтузиазме участников. Быть может, поэтому и работа в них, не очень трудная физически, но монотонная и утомительная, проходит тем не менее с подъемом и даже с азартом. Каждая находка метеорита никого не оставляет равнодушным. И уже неважно, что

■
В. И. Пронь ищет метеориты у Большого Метеоритного ключа

■
Вес взят! Пудовый метеорит — чемпион 1973 года (находка автора статьи)

■
Маргит Ант в поисках сотого метеорита



работать приходится, прсбираясь с 7-килограммовой амуницией по шатким травянистым кочкам, проваливаясь в воду по колено; и, кажется, меньше изматывают завалы и ложные сигналы бесчисленных камней, также содержащих какие-то проценты железа. Но, увы, далеко не каждый день был удачным. В бригадных полевых дневниках порой идут подряд два, три, а то и пять дней с отметкой «находок нет».

Члены отряда выполняли и другие работы — геодезические (рубка просек и прокладка тахеометрических ходов для построения точной карты исследуемого района — В. С. Комаров и В. И. Пронь), магнитометрические на кратерах (Б. А. Дацук), а также участвовали в походах за продуктами и почтой в ближайший поселок Метеоритный (быв. Бейцухе) за 6—7 км по мари. Поэтому число дней, затраченных на поиски вещества, колебалось у нас от 14 до 34. Примерно по-

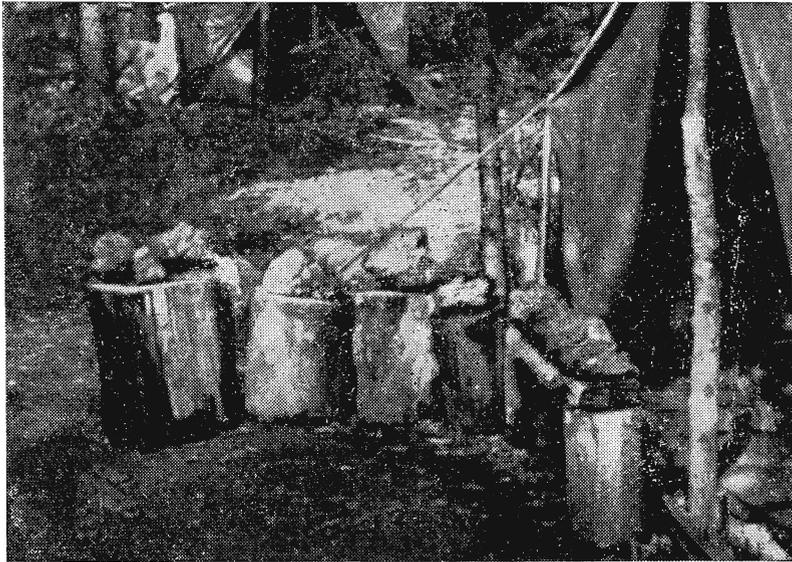
ловина из них оказывались пустыми. И тогда появлялись записи в дневнике: «24—25.VIII.—... на болоте, полоса 82... В ушах надоевший фоновый треск миноискателя. Ждешь, как бога, знакомую трель железа, но ее нет целый день. Видимо, совсем подошли к восточной границе эллипса...». Но до границы было далеко. От ожидаемой «крайней» полосы 82 отряду пришлось продвинуться к востоку еще на пять полос (125 м), и одной из самых богатых находками оказалась... последняя в сезоне, самая восточная полоса 100. На ней нашли 17 метеоритов. При этом наиболее удачливый в 1974 году член отряда, связист и любитель астрономии из Симферополя Э. Бражников «выудил» из болотного ила, с глубины около 40 см самый крупный в восточной части прекрасный индивидуальный экземпляр весом 29 кг. Его четко ориентированная (коническая) форма, узор отлично проработанных вытянутых регмаглиптов свидетельствовали о большой скорости пролета сквозь защитное «одеяло» Земли — атмосферу.

По мнению одного из ведущих современных астрофизиков Х. Альвена,

малые тела — потенциальные метеориты — в космическом пространстве выглядят «мохнатыми» из-за очень рыхлого поверхностного слоя. Могушая обработка земной атмосферой сдирает его начисто, и земли достигают лишь «ядра», оплавленные, покрытые корой, испещренные кавитационными оспинами — регмаглиптами. Если они достаточно затормаживаются в атмосфере и при падении не разрушаются, их называют индивидуальными экземплярами, поскольку такие куски сохраняют неискаженной внутреннюю структуру и другие физические свойства, к тому же они несут информацию о процессах взаимодействия с атмосферой и, следовательно, об условиях полета метеорного тела сквозь нее.

Части метеорита, достигающие земной поверхности с достаточно большой скоростью, разрушаются при ударе о грунт. Они обычно сильно деформированы — сплющены до характерной формы «пельменя», скручены, изломаны на сгибах, имеют зазубренные, рваные края и, как правило, лишены коры. Такие части составляют многотысячную армию осколков, вы-

■
Г. Н. Сизонов, Е. Л. Кринов и Р. Л. Хотинюк (слева направо) с метеоритом весом 16,7 кг



брошенных при ударе из кратеров. На Сихотэ-Алине только в нынешнем году на поперечной полосе 50×300 м кратерного поля их было собрано свыше четырех тысяч общим весом более 200 кг. От изучения распределения осколков по кратерному полю, прежде всего в зависимости от их массы, можно в принципе ожидать ценной информации об энергии удара, скорости и других характеристиках полета метеорного тела.

В хвостовом районе эллипса рассеяния падали только индивидуальные экземпляры, от них лишь иногда откалывались маленькие осколки, находимые поблизости. Среди этих экземпляров немало было совсем особенных, хотя и небольших, которые приходилось вынимать из болотной воды, порой с глубины 15—20 см. Они потеряли кору, и, видимо, под действием кислот их обнажившаяся внутренняя поверхность, очень светлая, покрылась мельчайшими углублениями, стала пористой.

Обшаривая миноискателями каждый квадратный метр, все три метеоритных отряда собрали 200 индиви-

дуальных экземпляров весом от нескольких граммов до десятков килограммов. Наибольший посчастливилось найти в районе кратеров профессору астрономии Одесского университета Е. Н. Крамеру. А 6 сентября «королевой сотого метеорита» 1974 года стала член третьего отряда Маргит Ант из Таллина. По общему же числу собранных индивидуальных экземпляров чемпионом неожиданно оказался «искатель» пустых восточных полос — отряд № 1. Он собрал 88 метеоритов общим весом более 70 кг, обработав площадь свыше 60 тыс. м². При этом еще раз можно было убедиться, что Сихотэ-Алинский метеорит рассеялся по земле очень неравномерно — кучками и полосами, то есть неоднократно дробился в воздухе благодаря своей особой крупно-балочной, кусковой структуре.

Тем временем геологи и магнитологи раскрыли «тайну» очередного кратера (№ 19). В прошлом году магнитометром была выявлена полутонная глыба метеорита в 4-метровой воронке № 40, заподозренная там на основании ранее установленной эмпирической линейной зависимости между диаметром воронки и весом метеорита. Теперь, в большем, 9-метровом кратере № 19 метеорит, как и ожидалось, оказался расколотым

при ударе. Из десяти извлеченных экземпляров общим весом почти четверть тонны наибольший (около 60 кг) на радостях притащил в лагерь на своих плечах один из «атлантов» экспедиции — Аво Кярбер (Таллин). К настоящему времени магнитологи обследовали все кратеры и крупные воронки; значительные массы метеоритного вещества заподозрены еще в двух из них (№№ 31 и 32), которые предстоит вскрыть в нынешнем году.

Дни в экспедиции, заполненные работой, воскресными дальними походами, в тесном общении с природой летели быстро. С погодой везло: за полтора таежных месяцев (с 18 августа до 26 сентября) была только пара целиком дождливых дней — вынужденных выходных. Обычно дожди, а однажды и сильнейшая гроза «управлялись» за ночь. Август и сентябрь, очень теплые в этих краях, но с холодными ночами в прошлом сезоне выдалась на редкость «бескомариными». Почти не донимала и мошка, тогда как в 1973 году мы не вылезали на работу из накомарников. Но плотная (для защиты от клещей, колючек, сучьев) одежда, обязательные кирзовые (или даже резиновые болотные) сапоги делали свое дело: с работы приходили взмокшими. Впрочем, поплескавшись в Малом Метеоритном ключе, каждый словно рождался заново. Особой неутомимостью отличался М. М. Поспергелис, которому ничего не стоило после ужина отправиться в ночную тайгу за дровами для лагеря или лишний раз «сбегать» в Бейцуху. С невозмутимостью он ловил удиравшего ночью из его палатки родича гремучих змей — щитомордника, а уже в

Трофеи восьмой метеоритной экспедиции — индивидуальные экземпляры от 8 до 31 кг



ЭКСПЕДИЦИЙ



Москве едва не нарушил... программу наблюдений переменных звезд, поселив в башне телескопа (временно!) четырех метровых красавцев полозов. Кстати, укушенных змеями в тайге не было, и наш «лейб-медик» З. Кузякова лишь изредка вправляла кое-кому вывихнутые конечности. Лучшими врачами были воздух, холодный ключ и наша отличная «финская» баня по-черному, с очагом из огромных камней.

Во второй половине сентября тайга зарумянилась осенними красками — бледно-малиновыми у дикого винограда, пунцовыми у остролистого клена, лиловыми у хозяйки здешней тайги приморской «пальмы», колючей и пышной аралии. И надо всем этим буйством цветов — стоило только поднять глаза к синему и очень высокому здесь небу — царили золотые опахала листьев гигантского манчжурского ореха. По склонам сопок, взбираясь к желто-зеленым кронам амурского бархата — эндемичного дерева с мягкой пробковой корой, свисая с кустов орешника, прошивая темную зелень пихт, зазелели маленькие гроздьи на гибких стеблях лиан с бледными, почти прозрачными листьями. Наступила пора знаменитого лимонника. Неожиданно уродились (на третий год, а не на четвертый, как полагалось) и кедровые шишки. Трудовые дни дополнились не менее трудовыми ночами: урожай собирали в короткие светлые часы до и после работы, а обрабатывали его уже при свете Луны, Юпитера и верного таежного друга — костра.

Последний день работы, 26 сентября, принес многозначительный сюрприз. Уже давно доходили слухи от



Единственная в мире «метеоритная» школа



ЭКСПЕДИЦИИ

лесников, что куски метеорита попались в стволах кедров намного восточнее основного района падения метеоритного «дождя». В одну из прошлых экспедиций были обследованы пробные площадки в нескольких сотнях метров восточнее Большого Метеоритного ключа. Они оказались пустыми. В 1974 году разведка была произведена вблизи ключа, и почти сразу, в десятке метров к востоку от него и в двух метрах к северу от границы изученного района член моего отряда В. И. Пронь нашел отличный индивидуальный экземпляр в 299 граммов, названный нами за характерную форму «Мефистофелем». Эта находка подтверждала: район падения распространяется за Большой Метеоритный ключ. Возникающие в связи с этим новые задачи войдут в программу последней, девятой экспедиции 1975 года.

Что же дают метеоритные экспедиции? Если говорить о дальних научных целях, то на это отчасти отвечают слова одного из наших метеоритных «гимнов», придуманного на мелодию песни «Я люблю тебя, жизнь» и опубликованного в нашей таежной газете «Сихотэ-Олимп» (главный редактор Г. Н. Сизонов):

В каждом новом куске
Зашифрована повесть Вселенной:
Как текла вдалеке
Жизнь материи, в целом не-
тленной.

Тайной пористых глыб
Наше сердце тревожно задето:
В них узнать мы могли б,
Как творилась и наша планета..

Но кроме сознания своей причастности к важной научной работе, кро-

ме экзотических впечатлений от общения с удивительным краем нашей страны, есть и другое. Это ни с чем несравнимое и ничем не заменимое чувство личного переживания редкостного космического события, соприкосновения в буквальном и более широком смысле с Космосом, когда вдруг услышишь в наушниках долгожданный сигнал «пришельца» и ощутишь в руке холодок и тяжесть осколка чужой планеты. Наконец, именно в таких экспедициях особенно сильно убеждаешься в том, как необходимы они в наш автоматизированный век, с его засильем городов, которые одновременно и скучивают и разъединяют людей, делая их безликими каплями в бурлящих потоках миллионных масс.

В тишине тайги больше размышляется; свежееет память; человек снова чувствует свое родство со спокойным, гармоничным миром живой природы. Здесь на первое место выступают отношения товарищества, чувство локтя. Рецидивы городского индивидуализма видны резче, выглядят уродливей и отрицаются несомненным большинством. В тайге легко заблудиться. Но, право же, стоит пережить это каждому, чтобы испытать и самого себя на выносливость, самообладание, находчивость, и, главное, ощутить, даже не в роли потерпевшего, всю самоотверженность, сплоченность и какую-то естественную доброжелательность членов экспедиции при трудных ночных поисках в тайге кого-либо, не вернувшегося в лагерь к контрольному времени. Когда в 1974 году случилось такое ЧП, в тайгу и на болото отправились три поисковых отряда.

И все мы, остававшиеся в лагере, пережили острую радость, услышав около часа ночи два очень далеких выстрела, означавших «Нашли!». Все благополучно окончилось к трем часам утра. А в восемь прозвучал обычный сигнал нашего заботливого и неумолимого «главхоза» Е. И. Малинкина: «По-о-одъем!» — и все как ни в чем не бывало отправились на рабочие полосы, на кратеры или в немаловажный кухонный блок нашего ресторана «Осиное гнездышко» (Т. Кузьмина и Л. Чуянова). Экспедиция продолжалась. И так глубоко врезались в сознание впечатления от нее, и так грустно было думать о скором завершении экспедиции, что сами собой сложились слова последнего куплета «гимна»:

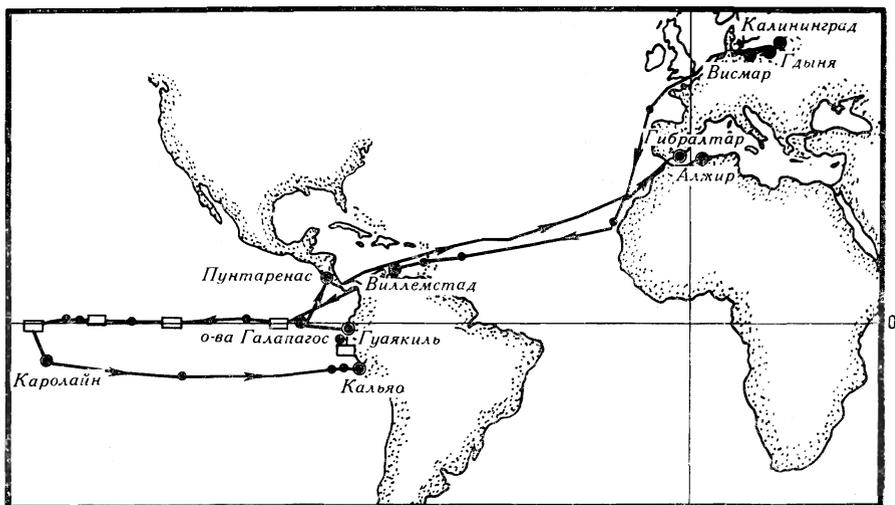
Звезд над нами шатер,
Проплывают светила по кругу.
Снова древний костер
Нас как будто приблизил друг к
другу,

Но я в мыслях далек...
И мечты своей дерзкой не скрою:
Чтоб на наш огонек
Залетел вновь шальной астероид.

Три месяца на экваторе

Биологическая продуктивность океана — одна из планетарных функций биосферы, которая обеспечивает население земного шара ощутимым количеством продуктов питания. А коль скоро растущее человечество уже в самом недалеком будущем начнет более интенсивно использовать океанские «кладовые», то перед морскими биологами встает задача математического моделирования продуктивности. Это необходимо для того, чтобы разумно расходовать морские богатства, а в конечном итоге — регулировать их запасы. Ведь сегодня ученые убедились в том, что человек, внося изменения в окружающую среду, «подправляя» ее, может вызвать необратимые процессы, которые разрушают популяционную структуру и могут привести к гибели отдельного вида. Возможности популяции приспособляться к изменяющейся среде очень велики. Человек должен их познать, а затем научиться управлять сложнейшими экологическими системами в океане.

Вся толща океана пронизана жизнью. Ее изучением советские биологи занимаются в течение нескольких десятилетий. Выявлен видовой состав и распределение зоо- и фитопланктона — основной пищи всех морских организмов. Теперь Мировой океан картирован: известно среднее распределение первичной продукции от поверхности до больших глубин, подсчитана биомасса зоопланктона и т. д. Вот почему стали возможными специализированные экспедиции для изучения режима уже целых сообществ и взаимосвязей организмов в них. («Земля и Вселенная», № 4, 1974 г., стр. 73—80.—Ред.) Один за



другим в Институте океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР готовились тематические биологические рейсы, начатые на «Витязе» в 1966 году, чтобы проверить первые математические модели.

Какова структура биологических сообществ, как они функционируют в океане? Как перерабатывает фитопланктон солнечную энергию, как быстро «зреет» сообщество, меняя свой возраст, каково соотношение растительноядных и хищных организмов в нем и т. д. Каковы взаимосвязи в длинной пищевой цепи от мельчайших простейших до китов и дельфинов? Эти и многие другие вопросы стояли перед очередной биологиче-

■
Маршрут 17-го рейса НИС «Академик Курчатов». Работы проводились между 85° и 155° з. д. экваториального района Тихого океана

ской экспедицией на НИС «Академик Курчатов» в его 17-м рейсе.

Экспедицию возглавлял профессор М. Е. Виноградов. Рейс продолжался с декабря 1973 по апрель 1974 года. Для работ выбрали тропические районы восточной части Тихого океана, так как здесь вдоль всего экватора и у берегов Перу к самой поверхности из глубин поднимаются холодные воды, богатые питательными солями. Эти оазисы в океане — зоны апвеллинга. («Земля и Вселенная», № 1, 1971 г., стр. 30—35; № 1, 1974 г., стр. 13—19.—Ред.) Именно в таких зонах можно изучать все стадии развития экологических систем в океане, так как сюда на богатые «кормовые луга» поднимается фитопланктон, который привлекает рыб и другие организмы. Пищи хватает всем.

Основная цель экспедиции — изучить структуру, энергетический обмен и формирование биоценозов во всей



толще вод (пелагиали) там, где встречается апвеллинг и непрерывно идут процессы продуцирования органического вещества, то есть где можно наблюдать самые начальные стадии

развития сообщества. Для выполнения такой нелегкой задачи проводились самые различные наблюдения — как чисто биологические, так и стандартные гидрологические. Кроме того, были необходимы и оптические наблюдения подводной облученности на разных глубинах, люминесценции хлорофилла и оптической расслоенности толщи вод. По тому, как изме-

нялось содержание фосфора, кремния, азота и других химических элементов, судили о «старении» воды, поднявшейся из глубин на поверхность, о темпах усвоения фито- и зоопланктоном питательных веществ. Специальными методами определялась интенсивность фотосинтеза и его изменение по вертикали в «молодых» и «зрелых» биологических системах.

В 17-м рейсе НИС «Академик Курчатов» внимание морских биологов было сосредоточено на начальных стадиях эволюции пелагического сообщества в молодых водах, только что поднявшихся из глубин, где царит мрак, в слои, освещенные солнцем, где сразу вступают в игру процессы фотосинтеза. Специально исследовались самые первые звенья пищевой цепи — простейшие организмы и микрозоопланктон, которые до сих пор не изучались столь пристально. Проводились интересные исследования взаимосвязи малейших колебаний температуры и солёности воды (тонкая структура гидрофизических полей) с количественным распределением планктона.

Каждая морская научная экспедиция — своеобразная методическая «школа», в которой испытываются вновь созданные приборы и совершенствуются методы. В 17-м рейсе применялся метод измерения течений с дрейфующего судна. И хотя самописцы течений были обычными, поправки на дрейф вводились по данным системы спутниковой навигации. Всю толщу вод в любое время суток зондировал батифотометр и непрерывно давал сведения о распределении биолюминесценции по вер-

■
Обитатели Галапагосских островов — игуана, пингвин

тикали. Этот прибор снабжен шестью 6-литровыми батометрами. Зная биолюминесцентное поле, можно в любой момент времени прицельно взять пробу воды с любой желаемой глубины. Использовали в рейсе и 140-литровый батометр для одновременного определения в одной и той же пробе воды гидрохимических характеристик, концентрации простейших, взвеси, фито- и бактериопланктона и т. д. Впервые в советской экспедиции определяли биомассу фитопланктона по кинетике его фотосинтеза.

На борту «Академика Курчатова» работало 14 научных отрядов. Вместе с советскими учеными трудились коллеги из Польской Народной Республики, Народной Республики Болгарии и ученые из Перу. Условия работ на экваторе необычные — скорость течения Кромвелла здесь достигает 1500 см/сек, а иногда и превышает эту величину. Как только приборы попадали в зону течения, угол наклона троса увеличивался так резко, что даже тяжелую аппаратуру не удавалось углубить более чем на 120—140 м. Потребовалось мастерство экипажа корабля, использование подруливающих устройств, активного руля и главной машины, чтобы приборы, пройдя коварное течение, попали на необходимую глубину.

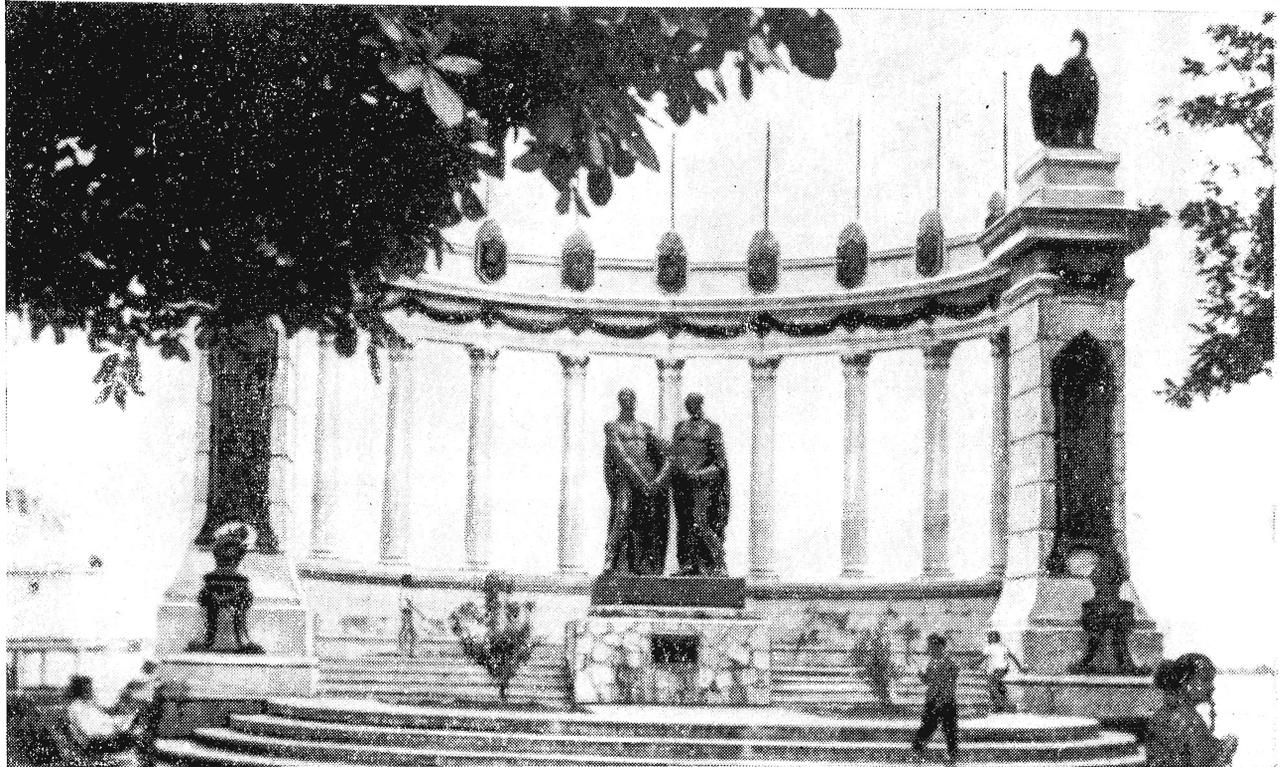
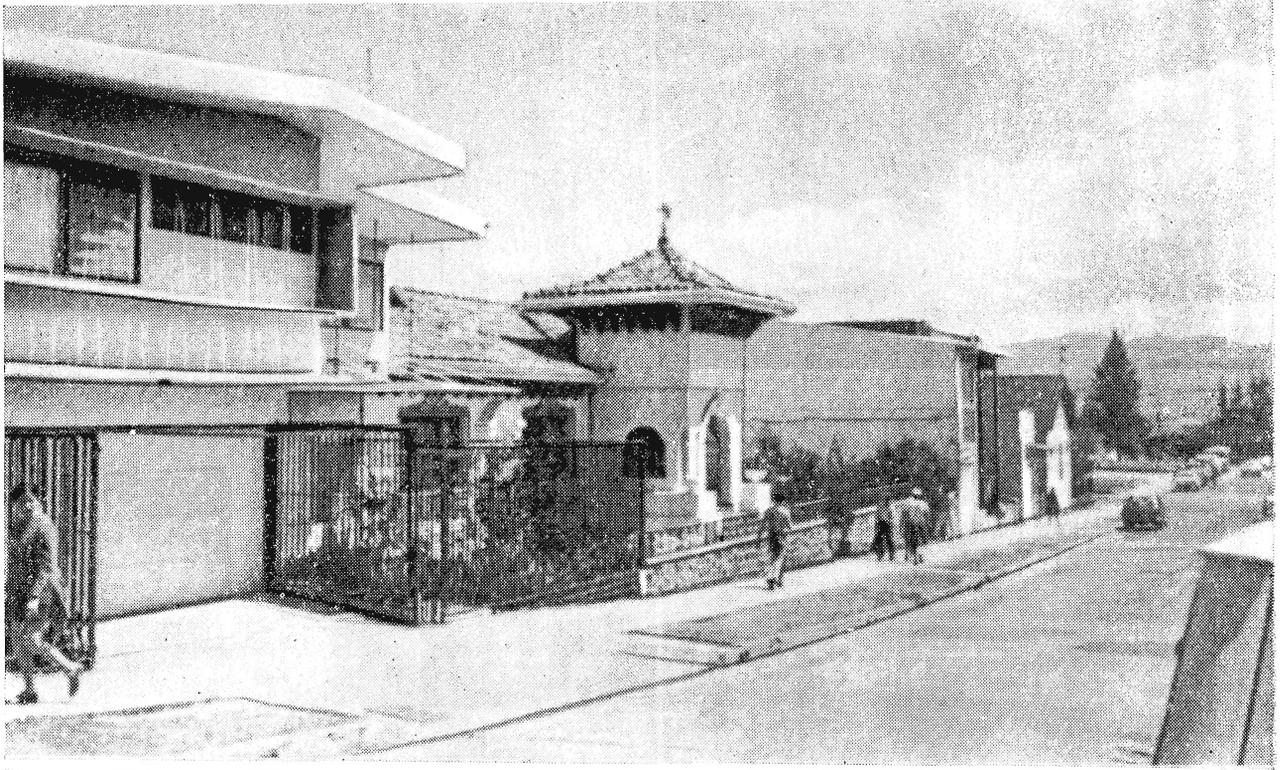
Обработка и анализ полученных в 17-м рейсе данных привели к интересным выводам. Впервые удалось отдельно оценить биомассу мелкого (менее 15 мк) и крупного фитопланктона, а также надежно определить количество простейших организмов, питающихся органическим веществом. Без учета простейших организмов энергетический баланс биологической

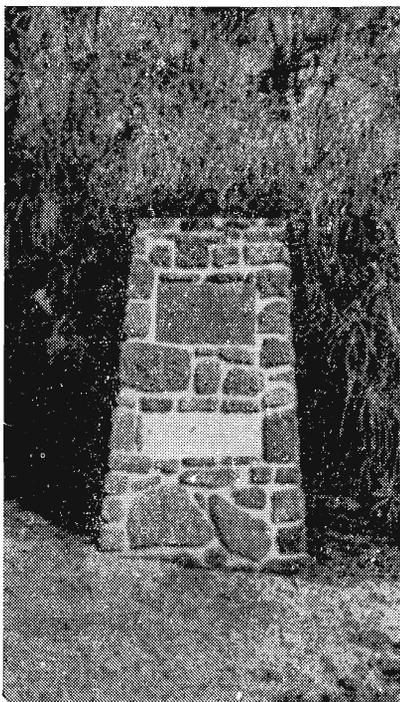
системы и остаточная продукция зоопланктона, которую могли бы использовать рыбы, в прежних расчетах даже для «молодого» сообщества получались отрицательными. Возникло недоумение: как может существовать сообщество, в котором хищные формы преобладают над растительноядными? Стоило же ввести в расчет энергетического баланса микропланктон и простейших, как оказалось, что, по крайней мере в слоях максимальной концентрации планктона, чистая продукция сообщества положительна.

Сообщества зоны экваториального апвеллинга, хотя и находятся в области подъема вод, тем не менее по структуре своей пищевой цепи имеют довольно «зрелый» облик. Очевидно, идеализированное представление о начальном моменте формирования системы, о подъеме к поверхности «пустой» глубинной воды, которая лишь через некоторое время начинает «цвести» фитопланктоном, затем насыщаться растительноядными, а позже и хищным зоопланктоном — это представление верно лишь для районов очень сильного подъема с большими скоростями (например, мощный апвеллинг у берегов Перу). Там, где воды поднимаются медленно, система достигает определенной степени зрелости уже в месте своего формирования. В зависимости от конкретных гидрологических условий, а также от интенсивности апвеллинга степень этой зрелости может быть больше или меньше. Вот один из важнейших научных выводов, к которым пришли морские биологи в 17-м рейсе.

Этой экспедицией в глубинных слоях обнаружен растворенный органиче-

ский фосфор, что имеет принципиальное значение. Теперь можно объяснить загадочный процесс накопления минерального фосфора в глубинных водах по мере их движения из полярных областей процессом постепенного окисления органического вещества и регенерации фосфатов. Кроме того, в рейсе получены важные сведения о взаимодействии живого компонента экосистемы с внешней средой — ее физическими и химическими параметрами. Эти сведения заставили пересмотреть многие традиционные представления об экологии сообществ океанской пелагиали, а также позволили создать математические модели их функционирования. Например, построенная в рейсе математическая модель поведения растительных сообществ (фитоцена) в условиях экваториального апвеллинга дала возможность рассчитать развитие популяции фитопланктона и обнаружить, что оно сильно подавляется интенсивным вертикальным перемешиванием. («Земля и Вселенная», № 6, 1973 г., стр. 10—14.—Ред.) А между тем в экваториальной части Тихого океана минерального азота и фосфора должно хватить для более высокого первичного продуцирования, чем это наблюдается в действительности,— причем на целый порядок. Кроме вертикального перемешивания, причина может быть и в том, что «молодые» воды еще не успели обогатиться органическими формами железа и марганца, необходимыми для развития фитопланктона. Выяснились многие другие особенности функционирования экосистем в океане, выработались новые направления исследований ближайшего будущего, из ко-





торых, пожалуй, наиболее важным можно назвать изучение биологических сообществ в тех районах океана, где резко выражены годовые циклы их функционирования.

За время рейса сотрудники экспедиции высаживались на необитаемый атолл Каролайн для сбора коллекции флоры и фауны. Посетили перуанскую столицу Лиму и порт Кальяо, где ознакомились с самобытным древним искусством индейцев племени Кечуа. В Лиму заход наших судов был не первым, и нас встретили, как старых добрых друзей. Четверо сотрудников из Лимы вместе с нами продолжили исследования в зоне перуанского апвеллинга и покинули корабль лишь после того, как все работы были завершены, а мы направились к Эквадору.

Пройдя сложный путь по реке Гуаяс, наш корабль 6 марта 1974 года сшвартовался в порту Новый. Это очень оживленный город Эквадора. Под погрузкой стоит множество судов, увозя отсюда во все концы света бананы, какао, кофе и рис. От порта



Одна из улиц южноамериканского города Лима (Перу)



Город Гуаякиль (Эквадор) с его многочисленными памятниками



Мемориальная доска на территории эквадорской биологической станции в память высадки Чарльза Дарвина на Галапагосские острова в 1834 году

Новый до Гуаякиля примерно 30 минут езды на автобусе. Гуаякиль — едва ли не самый населенный город Эквадора, в нем более 800 тыс. жителей. Жилые дома утопают в живописных зарослях тропических растений. Дома с уютными двориками построены в испанском стиле. В городе много памятников борцам за независимость. Во время стоянки руководство экспедицией посетило Институт океанологии военно-морского флота (ИНОКАР) по приглашению его директора, капитана I ранга Ф. А. Эгверна. Институт создан Декретом Революционного Правительства от 18 июля 1972 года. Сотрудники института занимаются вопросами океанографии, гидрологии и навигационного обеспечения. В нем четыре департамента: гидрографии, морских наук, навигационных средств и обслуживания.

Приняв на борт двух эквадорских сотрудников, наш корабль взял курс на Галапагосские острова. Посещения этих островов с нетерпением ждали все. И вот рано утром 8 марта показались очертания архипелага. Архипелаг Галапагос расположен на самом экваторе в Тихом океане, примерно в тысяче километрах от Южной Америки. Он принадлежит Эквадору и состоит из пяти больших (Исабела, Фернандина, Сан-Сальвадор, Санта-Крус, Сан-Кристоваль) и нескольких маленьких островков, покрытых застывшими потоками черной и коричневой базальтовой лавы. Все вокруг хранит следы извержения.

Галапагосские острова поднялись со дна океана сравнительно недавно. Флора и фауна здесь похожи на некоторые виды Южной Америки. Но

Фото автора

Кандидат физико-математических наук

В. С. ЛАТУН

«Академик Вернадский» в порту Сукре

это совсем не те виды, которые живут на материке. Несомненно, растения и животные этих островов занесены сюда с Южноамериканского материка. Попав на архипелаг, они постепенно изменились, причем на каждом острове по-своему. Здесь сохранилось много эндемичных видов — игуаны, пингвины, пеликаны, гигантские черепахи и др. Растительный мир очень беден — на угрюмых скалах растут чахлые кустарники, акации да некоторые виды кактусов. Большую работу по изучению флоры и фауны, а также их сохранению проводят сотрудники эквадорской биологической станции.

Не без сожаления мы покидали Галапагосские острова, но впереди был долгий путь на Родину, а нас еще ждали в Сан-Хосе — столице Коста-Рики. 12 марта 1974 года по приглашению президента республики Коста-Рики господина П. Фигереса мы прибыли в крупнейший порт Пуантаренос. В этот же день президент посетил НИС «Академик Курчатов». Он осмотрел лаборатории, встретился с учеными. Вечером начальник экспедиции М. Е. Виноградов, сотрудники Н. В. Парин, К. Н. Федоров и Ю. И. Сорокин прочли лекцию о научных проблемах, включенных в программу 17-го рейса НИС «Академик Курчатов», для научных работников и студентов университета в Сан-Хосе.

Быстро промчались месяцы напряженной работы, и вот, пройдя Панамский канал, НИС «Академик Курчатов» прибыл в порт Алжир, откуда весь состав экспедиции вылетел на Родину, а корабль продолжил работы уже в новом районе Мирового океана.

С декабря 1973 года по апрель 1974 года научно-исследовательские суда Морского гидрофизического института АН УССР «Академик Вернадский» и «Михаил Ломоносов» выполняли программу исследований северной части тропической зоны Атлантического океана. Основной задачей программы было комплексное изучение гидрологических процессов, динамической структуры и биологических характеристик верхних слоев океана, чтобы выявить физические закономерности их формирования и обнаружить районы повышенной биологической продуктивности. (О главных результатах выполненных исследований и интересных событиях этого рейса читатели узнают из следующей статьи.)

Акватория работ экспедиции простиралась от берегов Южной Америки до Африки. Между двумя этапами рейса НИС «Академик Вернадский» заходил в венесуэльский порт Сукре, о котором и рассказано в этом очерке.

Порт Сукре, город Кумана, страна Венесуэла... Выходя из порта, сразу попадаешь в город. Но названия у них разные. Название порта совпадает с названием штата, административным центром которого является город Кумана. Порт и штат носят имя борца за независимость Южной Америки, генерала Антонио Хозе де Сукре. Тридцатипятилетний генерал Сукре — соратник знаменитого Симона Боливара — был убит в 1830 году. Венесуэльцы хранят о нем добрую память — в центре города стоит памятник генералу Сукре.

Штат Сукре расположен в северо-восточной части Венесуэлы. Экономи-

чески этот штат развит слабо. Для подъема экономики нужны деньги и специалисты. Деньги у Венесуэлы сегодня есть, потому что есть нефть, а вот специалистов не хватает. Специалисты готовят университет Куманы. В университете обучается около 10 тыс. студентов. Каждый десятый житель города — студент. Студентов узнаешь сразу по книжкам и тетрадям, по манере держаться непринужденно, но с достоинством.

Университетский городок расположен километрах в семи от центра Куманы, туда ходит автобус. Проезд для студентов бесплатный. Территорию университета студенты в шутку называют «свободной территорией Венесуэлы» и всерьез поясняют: «Здесь нет ни одного полицейского». Все университетские здания новые, современной архитектуры, много зелени, цветов.

В одном из университетских зданий размещается Институт океанографии. Основное направление работ института — физическая океанография, морская биология и геология. Глав-

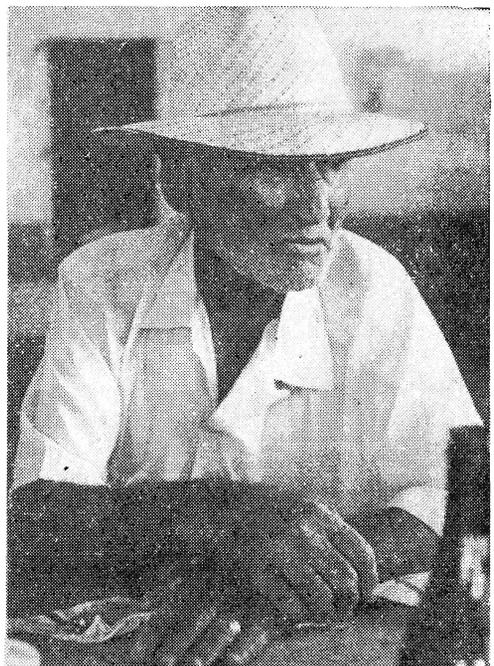
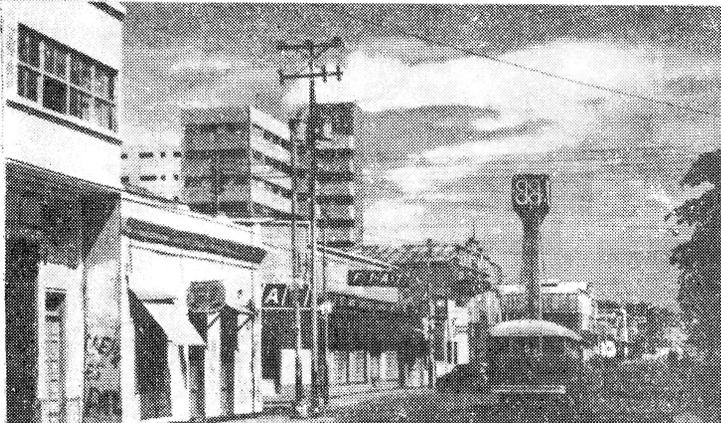
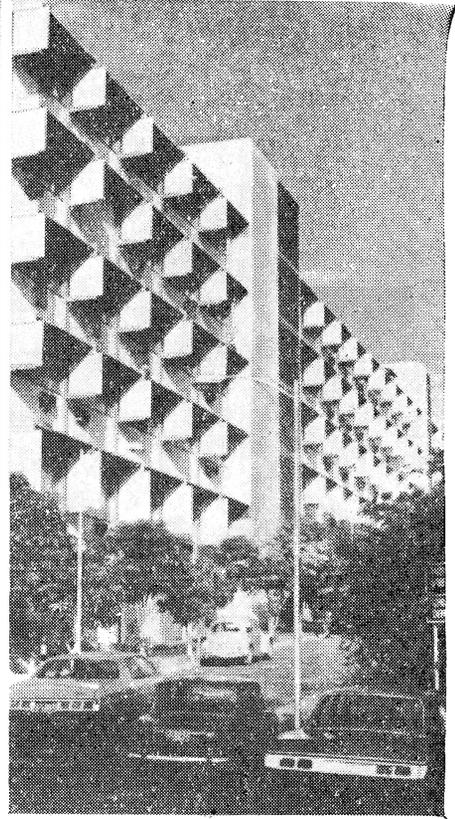
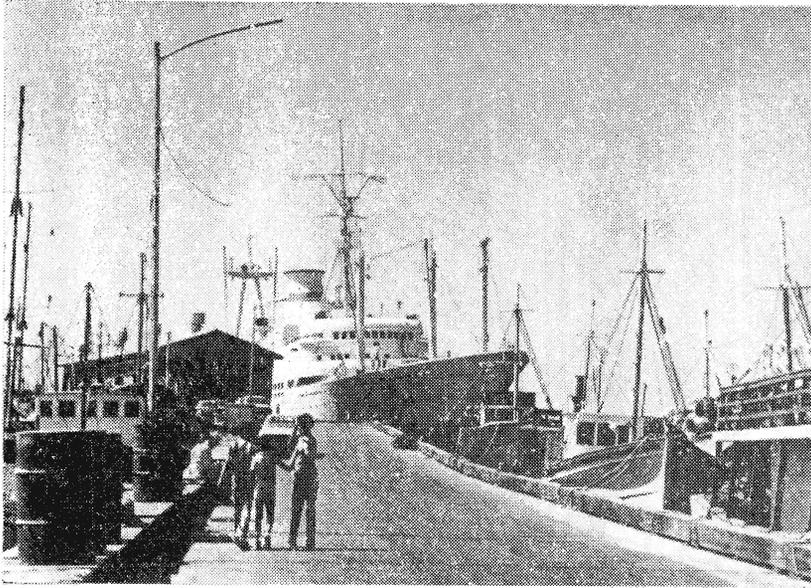
■
«Академик Вернадский» у причала в порту Сукре

■
Аvenida де Бермудес — главная улица Куманы

■
Бар «Сталинград»

■
Одно из зданий университета в Кумане

■
Вечерний отдых труженика моря





ЭКСПЕДИЦИИ

ное внимание уделяется прикладным вопросам — возможности практического использования природных ресурсов прибрежных акваторий. На работу в институт приглашают ученых из других стран — Японии, Индии, Чили.

В первый же день пребывания в Кумане руководство советской экспедиции получило официальное приглашение директора Института океанографии доктора А. Сервигона посетить институт. На следующее утро большая группа наших научных сотрудников отправилась знакомиться с Институтом океанографии. Обязанности гида любезно взял на себя начальник отдела физической океанографии доктор Г. Фебрес.

Визит венесуэльских ученых и студентов на борт «Академика Вернадского» внешне был похож на день «открытых дверей». Но только «внешне», так как каждый желающий побывать на советском судне должен получить разрешение полиции. На венесуэльских ученых большое впечатление произвели научное оборудование и условия работы на советском корабле науки. Студенты старались побольше узнать о жизни молодежи в Советском Союзе. Их интересовала система образования и стоимость учебников, возможность заниматься спортом и потанцевать вечером. «У вас любят танцевальную музыку?» — спрашивали нас студенты. То, что они сами любят музыку и танцы, было видно с первого взгляда. Одна из местных радиостанций весь день передает легкую музыку да рекламные тексты. Мелодии этой радиостанции слышны на улицах, доносятся из проходящих автомобилей, звучат в

студенческом автобусе. И студенты в автобусе начинают естественно и грациозно покачиваться в такт мелодии...

Четыре дня длилась стоянка «Академика Вернадского» в порту Сукре. Институт океанографии устроил для участников экспедиции автобусную экскурсию по городу и его окрестностям. Старые низкие дома центра города. Главная магистраль Авенида де Бермудес. Сто метров в сторону — и вы в квартале бедноты. Очень много детей, такие все симпатичные и веселые. Ближе к окраине города строятся новые жилые дома, так и хочется сказать: «новый микрорайон». Стандартные трех- и четырехэтажные здания. Чисто. Зелень еще не успела вырасти. Старая крепость на холме. Маленькая, но очень живописная.

Холмистые берега залива Кариака. Сухой колючий кустарник на склонах, манговые заросли у воды, колонии кораллов под водой. Дорога идет вдоль самого берега, огибая небольшие бухточки. В каждой бухточке можно «попляжиться». Есть раздевалка, туалет и даже бетонный столик с двумя бетонными скамейками. Нет только отдыхающих: зима, январь, купаться холодно. Относительно «холодно»: температура воздуха днем около 25°, воды 20°С... В заливе Кариака расположено опытное устричное хозяйство университета.

Порт Сукре покидали вечером. Яркие краски тропического заката. На палубе быстро темнеет. А в каюте на столе лежит радужно раскрашенная глиняная черепашка (подарок на счастье) — память о веселых приветливых людях, которые любят свою Венесуэлу и верят в ее будущее.

ТОРНАДО В 1974 ГОДУ

В прошедшем году количество торнадо на территории США по сравнению с рекордным 1973 годом было меньше, однако число жертв оказалось максимальным.

Если говорят «торнадо большой интенсивности», то имеют в виду такой вихрь, который охватывает полосу шириной не менее 400 м и протяженностью 40 км. (Отдельные торнадо достигают 2,5 км в ширину и 320 км в длину; скорость вращательного движения воздуха в них бывает до 480 км/час.)

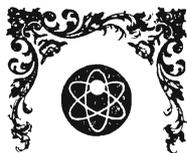
Из 1109 торнадо 1973 года лишь 34 были «большой интенсивности». От них погибло 87 человек. За семь месяцев 1974 года над США пронеслось всего 725 торнадо, но из них 105 оказались «повышенной интенсивности», а 65 торнадо унесли 360 человеческих жизней.

Беспрецедентными были события 3 и 4 апреля 1974 года, когда в течение полсуток над территорией 14 штатов промчалось 100 торнадо. Количество человеческих жертв превысило 300. Месяцем позже от торнадо в штате Оклахома погибло 14 человек, штат потерпел материальный ущерб в 23,5 млн. долларов.

Таким образом, еще задолго до окончания 1974 года было ясно, что несмотря на снижение общего числа стихийных бедствий, 1974 год станет рекордным по количеству вызванных торнадо человеческих жертв.

«Science News», 106, 10, 1974





ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Доктор физико-математических наук
Я. ЭЙНАСТО,
М. ЙЫЗВЭЭР

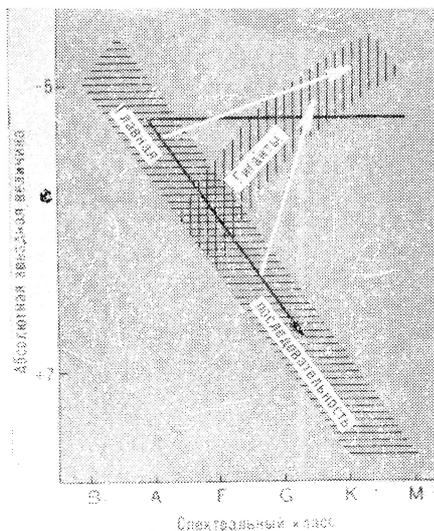
Развитие теории эволюции звезд

В настоящее время общепризнано, что звезды большую часть своей жизни проводят на главной последовательности, затем они превращаются в красных гигантов и заканчивают свой активный эволюционный путь как белые карлики. Нам, астрономам второй половины XX века, все это представляется само собой разумеющимся и нелегко понять, с каким трудом правильные идеи звездной эволюции пробивали себе дорогу сквозь противоречивые данные и неверные теории. В развитии современной теории эволюции звезд пионерскую роль играли работы Эрнеста Эпика, выполненные в 20-х и 30-х годах на Тартуской обсерватории. Свой подход к проблеме звездной эволюции он характеризовал так: «Структура звезд — это физическая, а не математическая задача. Существенны предпосылки, а не точные математические последствия, вытекающие из этих предпосылок. Нам хочется знать истинные физические условия, определяющие структуру и эволюцию звезд, «корректную» математическую теорию нетрудно затем построить. Мы считаем, что чисто качественная картина, учитывающая всю сложность условий внутри звезд, является все же лучшим приближением к действительности, чем точная математическая теория, основанная на упрощениях, которые не учитывают некоторые наиболее важные факторы структуры и эволюции звезд».

Давайте же проследим, как астрономы шаг за шагом приближались к познанию истинной картины эволюции звезд.

В начале века, после открытия Э. Герцшпрунгом и Г. Ресселом двух

В 20-х годах нашего века астрономом Тартуской обсерватории Э. Эпик (р. 1911) начал заниматься проблемой эволюции звезд. Некоторые полученные им еще в 1938 году выводы полностью соответствуют современным представлениям. Но в то время они остались незамеченными и лишь в 50-х годах были подтверждены наблюдениями.

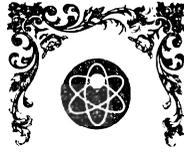


Эволюционные треки звезд. Черная линия соответствует эволюции по Г. Ресселу, белые — по Э. Эпику

основных типов звезд — гигантов и карликов (точнее, звезд главной последовательности) — астрономы решили, что эти последовательности звезд являются эволюционными. Рессел считал, что звезды образуются из межзвездной среды и благодаря гравитационному сжатию постепенно повышают свою температуру, проходя стадии красного гиганта, желтого гиганта и, наконец, голубой звезды на главной последовательности. Достигнув максимальной температуры, звезда начинает остывать и смещается вниз по главной последовательности. Свой эволюционный путь она заканчивает красным карликом.

Эпик проверил эту эволюционную схему в 1922 году, используя данные о распределении звезд по светимости, то есть функцию светимости. Он рассмотрел две схемы эволюции звезд; в одной источником энергии служила гравитация, а в другой — внутриатомные силы. На основе этих предпосылок было рассчитано распределение звезд по светимости. Оказалось, что предположение о гравитационном источнике звездной энергии не согласуется с наблюдениями. Вычисленная функция светимости звезд получалась иной, чем наблюдаемая. Вдобавок, рассчитанные сроки для эволюции звезд были слишком коротки и противоречили геологическим данным о возрасте Земли. Предположение о внутриатомном источнике звездной энергии дало удовлетворительное согласие с наблюдаемой функцией светимости.

В то время были уже определены массы некоторых звезд и известно, что звезды тем массивнее, чем больше их светимость. Для звезд главной



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

последовательности светимость L пропорциональна кубу массы звезды M , следовательно, светимость на единицу массы (удельная светимость) $E = L/M$ пропорциональна квадрату массы. Зная светимость и эффективную температуру звезд, по закону Стефана — Больцмана можно вычислить и радиус звезд R . Наконец, из теории внутреннего строения звезд следовало, что если звезды имеют сходную внутреннюю структуру (как принято говорить, построены гомологично), то их температуры, в частности центральные температуры T , пропорциональны M/R . По этим данным можно рассчитать зависимость удельной светимости E от центральной температуры звезд T . Используя такой ход рассуждения, Эпик пришел к заключению, что активность источников энергии звезд при повышении температуры сильно возрастает. Отсюда Эпик сделал три вывода:

атомный источник энергии не имеет характера радиоактивности, интенсивность которой не зависит от температуры;

из-за большой чувствительности активности вещества к температуре источник звездной энергии сильно сконцентрирован к центру звезды, где температура максимальна;

в результате атомных превращений меняется химический состав звезд, по крайней мере в их центральных областях.

Последний фактор имел решающее значение в раскрытии правильной картины структуры и эволюции звезд.

Заключение Эпика о несостоятельности эволюционной картины Рессела основано на весьма косвенном наблюдательном материале, поэтому он

хотел найти подтверждение своим выводам по независимым источникам. Для этой цели он использовал статистику двойных звезд.

Прежде всего Эпик попытался выяснить, не образуются ли компоненты двойных систем путем захвата случайных звезд, как предполагали некоторые астрономы. Он пишет: «распределение светимостей дает... отрицательный ответ: при захвате распределение светимостей далеких спутников должно быть сходным с общим распределением светимостей звезд в Галактике. Однако даже малейшее сходство между обоими распределениями отсутствует. Таким образом, о захвате не может быть и речи, далекие спутники должны **образоваться** в окрестности главной звезды, одновременно с ней». Общность происхождения компонентов двойных звезд и позволяет использовать их для проверки различных космогонических гипотез.

Эпик рассмотрел следующую задачу. Допустим, что звезды, согласно теории Рессела, эволюционируют из гигантов в карлики, а затем вниз по главной последовательности. При этом их светимость, а следовательно, и масса (по соотношению между массой и светимостью) уменьшаются. Как следует из законов небесной механики, уменьшение массы должно привести к увеличению среднего расстояния между компонентами двойных систем. Статистика показывает, однако, обратное: при переходе от гигантов к звездам главной последовательности и от голубых звезд главной последовательности к красным звездам среднее расстояние между компонентами двойных систем не уве-

личивается, а уменьшается. «Таким образом, наши данные говорят против эволюционной теории Рессела: G-карлик никогда не мог быть A-звездой, тем более гигантом», — писал Эпик в 1925 году.

Позднее Эпик нашел еще один независимый аргумент против эволюции звезд вниз по главной последовательности. Если бы звезды так эволюционировали, то Солнце и Земля должны были раньше иметь более высокую температуру, что противоречит геологическим данным. В течение последних 500 млн. лет средняя температура Земли почти не менялась, есть даже указания на то, что она несколько повышалась.

В середине 20-х годов концепция звездной эволюции Рессела подверглась критике со всех сторон. Благодаря успехам геологии и биологии стало ясно, что возрасты Земли и Солнца столь велики, что для поддержания солнечной светимости требуются более мощные по сравнению с гравитационным источниками энергии. Теория Рессела оказалась в противоречии и с быстроразвивающейся теорией внутреннего строения звезд. В 1924 году английский астрофизик А. Эддингтон, опираясь на уравнение состояния идеального газа, дал теоретическую интерпретацию наблюдаемому соотношению «масса — светимость» звезд. Вначале предполагалось, что его теория применима только для звезд малой плотности, то есть для звезд-гигантов. Но поскольку теоретическое соотношение «масса — светимость» справедливо и для карликов, то было сделано заключение, что вещество карликов ведет себя так же, как идеальный газ:

(вследствие высокой степени ионизации атомов). Стало ясно, что причину уменьшения абсолютной светимости звезд вдоль главной последовательности нужно искать не в их остывании, а в том, что слабые звезды обладают меньшей массой. Примерно таким было представление об эволюции звезд, когда Эпик начал разработку своей теории. Она изложена в монографии «Структура, источники энергии и эволюция звезд», увидевшей свет в 1938 году в «Публикациях Тартуской обсерватории».

Рассмотрев возможные источники звездной энергии, Эпик заключил, что основной должна быть внутриядерная энергия, но в некоторых случаях существенную роль играет и гравитация. Затем он проанализировал известные и считавшиеся в то время возможными термоядерные реакции. По его мнению, цепная реакция в недрах звезд начиналась с протон-протонной, в ходе которой возникал дейтерий. Было неясно, каким путем ядерный синтез развивается дальше*, но было совершенно очевидно, что в процессе эволюции звезды должен изменяться ее химический состав.

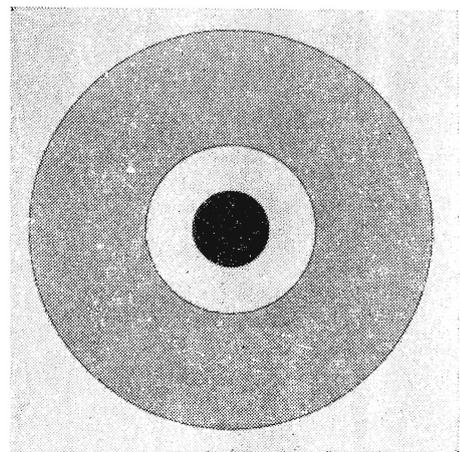
Как мы уже отмечали, Эпик предполагал, что источник звездной энергии сконцентрирован в центре звезды. Последнее обстоятельство обуславливает конвекцию вещества в звезде, возникающую подобно конвекции

* Впервые конкретные цепи реакций были исследованы Г. Бете и К. Вейцеккером в 1938 году, и Эпик в своих последующих работах учитывал эти результаты.

воды в чайнике, нагреваемом снизу. При этом продукты ядерного синтеза должны перемешиваться по всей охваченной конвекцией области звезды. В частности, если конвекция распространяется на всю звезду, то продукты ядерного синтеза должны быть подняты к ее поверхности и звезды разного возраста должны иметь разный химический состав атмосфер.

Что же показывают наблюдения? Верхняя атмосфера звезд имеет довольно одинаковый химический состав. Эпик сам в 1935—1937 годах обнаружил, что содержание кальция в подавляющем большинстве звезд — и в карликах и в гигантах — примерно одинаковое. Значит, перемешивание звездного вещества неэффективно. Этот результат Эпика противоречил исследованиям Эддингтона, который считал, что во вращающейся звезде (а вращаются все звезды) меридиональные потоки вызывают быстрое перемешивание вещества между ядром и оболочкой. Однако Эпик считал аргументы Эддингтона малоубедительными и принял, что изменение химического состава охватывает только некоторую центральную зону звезды.

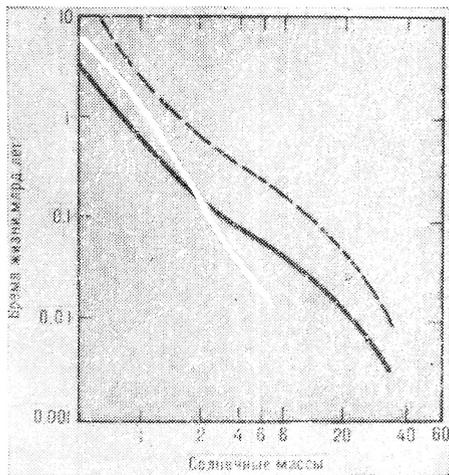
Связано ли изменение химического состава с какими-либо существенными для структуры звезд последствиями? Оказывается, да. «Израсходование водорода в первоначально однородной модели, — пишет Эпик в своей монографии, — приводит к повышению молекулярного веса ядра. Легко показать, что даже небольшое различие в составе препятствует дальнейшему обмену вещества путем конвекции между ядром и оболочкой, что при-



водит к дальнейшему увеличению различия и в конечном счете к полному истощению водорода в ядре».

Итак, по мнению Эпика, звезды имеют следующую структуру: «В центре лежит конвективная область; за ней — промежуточный спокойный слой, где вещество находится в лучистом равновесии без конвективных потоков; выше его до поверхности звезды опять-таки располагается конвективная область, последняя может и отсутствовать, в таком случае спокойный слой достигает поверхности звезды. При составной структуре нет обмена вещества между центральными и внешними областями звезд; атомный синтез происходит только в центральной области, где доля водорода все время уменьшается. Когда водород в ядре израсходован до конца, начинается сжатие ядра. Содержащий водород внешний слой не может следовать за ядром, этому препятствует атомный синтез, который теперь, ввиду коллапса ядра, начинается во внешнем слое и расширяет оболочку звезды; возникает звезда-гигант. Таким образом, звезда-гигант соответствует развитая стадия со-

■
Схема внутренней структуры звезды-гиганта, согласно Э. Эпику (разрез). Центральная область содержит продукты ядерного горения; во внутренней области освобождается атомная энергия; внешняя — область лучистого равновесия с первоначальным химическим составом



ставной структуры; ее свойства являются результатом кажущегося противоречия — сжатие ядра требует расширения оболочки. Так свойства гигантов объясняются вполне естественным путем без привлечения неизвестных и невероятных свойств материи».

Энергетическая продуктивность атомного синтеза (калорийность ядерного горючего) в конце 30-х годов была уже известна, что дало возможность Эпику вычислить время жизни звезд разной массы в стадии атомного синтеза. Его результаты хорошо согласуются с современными данными.

Объяснение структуры и эволюционной истории звезд-гигантов, а также определение продолжительности наиболее существенной фазы в жизни звезд — жизни на главной последовательности — позволили Эпику сделать ряд важных и полностью подтвердившихся выводов.

Первый вывод касается эволюции Галактики. «Наличие массивных звезд высокой светимости на главной последовательности в галактической системе мы рассматриваем как указание на непрерывное формирование звезд взамен тех, которые превратились в гиганты». Более подробный статистический анализ показал, что «звезды общего галактического поля непрерывно формируются с постоянной скоростью в течение последних 3 млрд лет». Подтверждением этих теоретических соображений было открытие мест рождения молодых звезд — звездных ассоциаций — академиком В. А. Амбарцумяном в 1947 году.

Второй вывод Эпики связан с опре-

делением возраста звездных скоплений. Зная время жизни звезд данной массы на главной последовательности и оценивая из наблюдений светимость (а по ней и массу) наиболее ярких звезд главной последовательности скопления, можно вычислить его возраст. Применяв этот метод, Эпик пришел к заключению, что рассеянные звездные скопления, так же как и многие звезды общего галактического поля, — относительно молодые образования с возрастом порядка нескольких сот миллионов лет. Все звезды шаровых скоплений имеют возраст около 3 млрд лет, соизмеримый с возрастом Галактики. За пять лет до работ В. Бааде и Б. В. Куаркина Эпик указал на существование двух типов населения звезд в Галактике.

Любопытную подробность приводит в своей книге «Эволюция звезд и галактик» В. Бааде. Он пишет, что сразу после появления его статьи о двух звездных населениях он получил открытку от Г. Гамова: «Пожалуйста,

Время жизни в стадии атомного синтеза для звезд разной массы. Э. Эпик выполнил расчеты времени жизни для двух вариантов, когда в атомном синтезе участвует 40% (пунктир) и 10% (сплошная линия) общей массы звезды. Второй вариант лучше согласуется с современными расчетами И. Пбена (белая линия)

скажите мне, где нижняя ветвь диаграммы «цвет — величина» соединяется с главной последовательностью, и я скажу Вам возраст Ваших звезд населения II». А следующая открытка от Гамова была такой: «...о'кей, — от четырех до пяти миллиардов лет». Поэтому Бааде считал Гамова первым, кто предложил принятую ныне интерпретацию диаграммы «цвет — светимость». Однако Эпик сделал это уже в 1938 году. Оттиск своей работы он послал Гамову и вступил с ним в переписку. Гамов упрекал Эпику в том, что он, напечатав свою работу в столь малоизвестном издании, как тартуские публикации, задержал развитие исследований. Эпик же склонен был думать, что его результаты были столь неортодоксальны, что солидные журналы, такие как «Astrophysical Journal», отвергли бы статью, как это случилось с его первой работой по физике метеоров.

Установление верхнего предела возраста звезд в Галактике имело еще одно существенное применение: у Эпики появился дополнительный аргумент в пользу «недавнего происхождения» Вселенной.

Раньше среди астрономов господствовало почти единодушное мнение, будто Вселенная, какой мы ее теперь видим, существовала практически вечно. Однако Эпик обратил внимание на тот факт, что все независимые определения максимальных возрастов космических объектов дают приблизительно совпадающий результат — порядка 3 млрд лет. О своих сенсационных исследованиях Эпик рассказал 24 марта 1932 года на международной конференции, проводившейся в США. С тех пор идея о короткой

А. Н. УСТИНСКИХ

На родине Русанова

шкале времени получила всеобщее признание, правда, благодаря уточнению методов определения возраста космических объектов, возраст Метагалактики считается теперь раза в 3—4 больше, чем думал Эпик.

Эпик рассмотрел и положение звезд разных типов в процессе эволюции. Звезды Вольфа — Райе и планетарные туманности он относил к конечным этапам эволюции гигантов. По его мнению, белые карлики — остатки ядер составных звезд после взрыва новой. При взрыве внешняя, богатая водородом оболочка сбрасывается и остается только центральная часть звезды, где водород частично или полностью израсходован в ходе термоядерных реакций. Эпик полагал, что взрыв новой наблюдается, если карлик — компонент двойной звезды — развивается в гигант и его расширяющаяся оболочка окружает спутник. Позже действительно было открыто, что новые являются тесными двойными звездами.

В одном Эпик ошибся: построение корректной математической теории составной структуры звезд все же оказалось трудной задачей. Это было сделано лишь в 50-х годах. Тогда же диаграммы «цвет — светимость» звездных скоплений доказали правильность основных выводов теории эволюции звезд.

«...Орел на своих мелких водах вспоил столько русских литераторов, сколько не поставил их на службу народа никакой другой город...» — эти слова писателя Лескова стали общепризнанными. Но если иметь в виду не только литературу, то, пожалуй, трудно или почти невозможно найти такую сферу человеческой деятельности или памятную веху в славной истории нашей Родины, где бы ни встретилось имя орловца. Много сынов Орла вошло в славную плеяду выдающихся людей России. Но, пожалуй, самое примечательное то, что сухопутная Орловщина, расположенная в самом центре континента, на тысячи километров удаленная от водных просторов, дала России и миру революционера, ученого и выдающегося исследователя Арктики Владимира Александровича Русанова.

Правобережье Оки. Казалось бы ничем не примечательный жилой район старого Орла. Но здесь часто можно увидеть шумные звонкоголосые группы школьников, туристские автобусы и легковые машины из других городов. Экскурсоводы непременно приведут туристов к небольшому деревянному домику с мезонином. Неброский на вид и потускневший от времени, он дорог орловцам по двум причинам. Об одной говорит мраморная мемориальная доска, установленная на его фасаде: «Здесь 15(2) ноября 1875 года родился Владимир Александрович Русанов». О другой расскажет экскурсовод или с любовью и подробно каждый старожил города. В этом доме собирались первые орловские марксисты. Здесь была их нелегальная типография.

Орел 90-х годов прошлого века не имел крупных промышленных предприятий, поэтому работа первой марксистской группы в основном была перенесена в промышленный Брянск, входивший тогда в состав Орловской губернии. О результатах ее деятельности рассказывают экспонаты музея Брянского машиностроительного завода и сухой протокольный язык документов Орловского областного архива. Документы повествуют о том, что прокламации, поднявшие брянский пролетариат на борьбу, печатались в мезонине деревянного домика по бывшему Мацневскому переулку (теперь улица Русанова), а доставлял их из Орла в Брянск на велосипеде по лесным тропам и проселочным дорогам и тайно раздавал рабочим высокий двадцатитрехлетний юноша Владимир Русанов. Все лето и осень, то затухая, то вспыхивая с новой силой, справедливым гневом посылало пламя революционного пожара. Шел тогда 1898-й год — год I съезда РСДРП. Бастовало в ту пору более 7000 рабочих. Вот почему дорог и памятен орловцам этот неприметный домик в старом городе. А в центре Орла находится краеведческий музей. В одном из залов — «Орловский край в период империализма». На фоне зарева красного знамени лозунг: «Из искры возгорится пламя». Под ним фотографии тех, кто вслед за ленинским петербургским «Союзом борьбы за освобождение рабочего класса» организовал первую марксистскую группу в Орловском крае. Среди них и Владимир Русанов. Тут же в скромной серой обложке работа В. И. Ленина «Что такое дружба народа и как



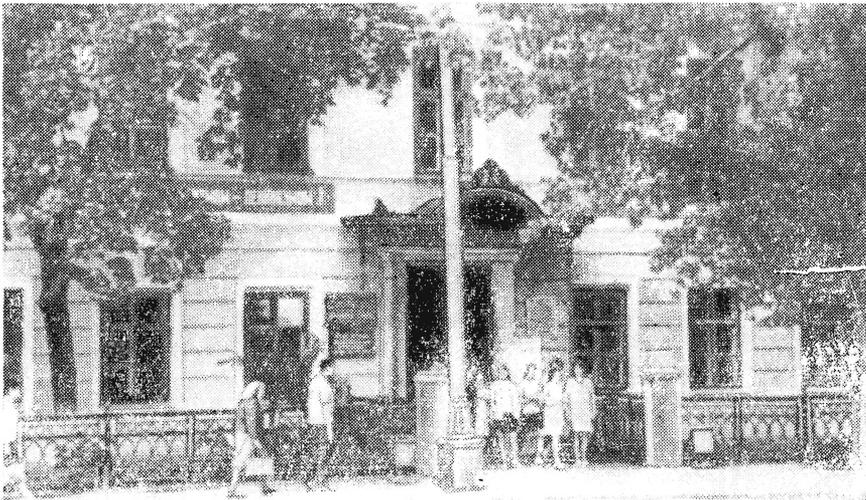
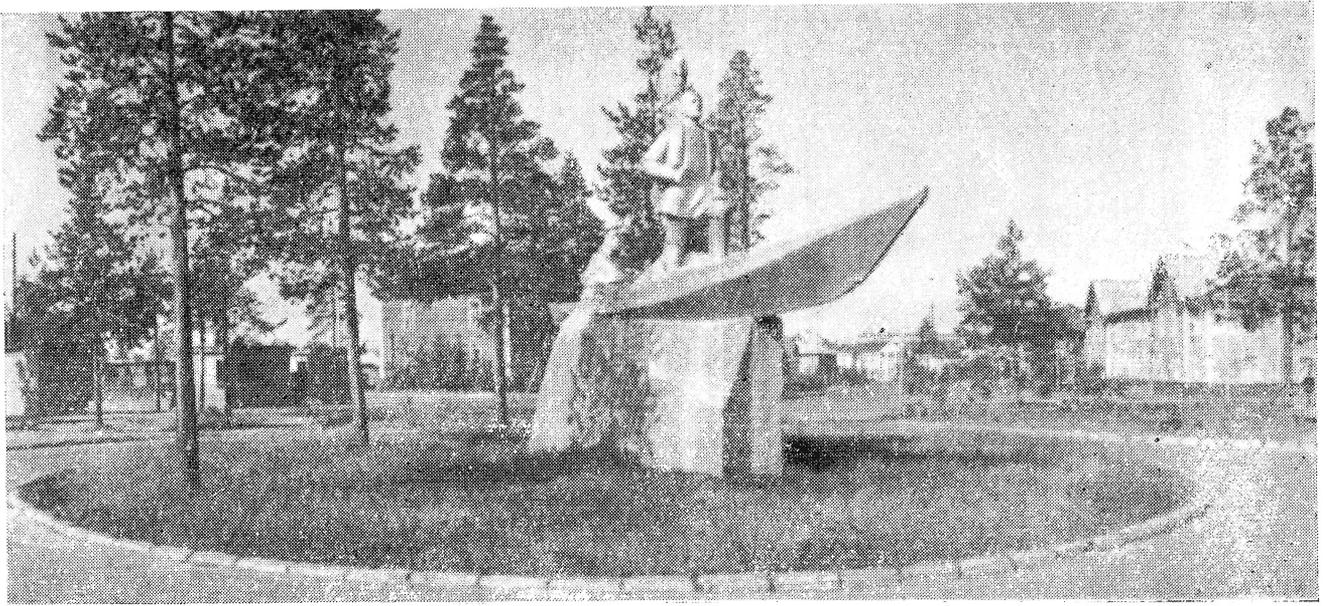
■
Владимир Александрович Русанов — один из организаторов первого в Орле социал-демократического кружка. 1895 год

■
Дом Русановых в Орле. Здесь собирались социал-демократы, здесь они печатали свои первые нелегальные материалы

они воюют против социал-демократов», изданная на гектографе в сентябре 1894 года. И примечательно то, что когда октябрьской ночью того же 1894 года полиция разгромила кружок орловской учащейся молодежи, при обыске обнаружили эту ленинскую работу. Дознанием было установлено, что брошюра получена членами кружка от Владимира Русанова.

В музее экспонируется художественно выполненная карта с маршрутами Новоземельских экспедиций 1907—1911 годов, портрет Русанова и фотографии, рассказывающие о его путешествиях и исследованиях в Арктике, много предметных экспонатов.

Привлекает внимание посетителей титульный лист книги «Владимир Русанов» с дарственной надписью: «Орловскому краеведческому музею в память о 400-летию города Орла от внучки В. А. Русанова». Уже несколько лет работает организованный музеем университет краеведческих знаний. Также несколько лет функционирует университет по изучению истории родного края при Центральной городской библиотеке имени А. С. Пушкина, где тема «Наш земляк, революционер и выдающийся полярный исследователь В. А. Русанов» не стареет. Передача орловского телевидения о Русанове, подготовленная журналистом И. И. Бедеровой, вызвала живой отклик у населения. Молодежная газета «Орловский комсомолец» опубликовала серию материалов под общим заголовком «Горячее сердце полярника». Читались эти публикации и в профессионально-техническом училище № 6, которое размещается в двухэтажном



■
Памятник В. А. Русанову, установленный в Печоре. Автор мемориального комплекса — скульптор Коми республиканского художественного фонда Ю. Г. Борисов

■
Бывшая Орловская классическая гимназия, ныне — профессионально-техническое училище № 6

каменном здании бывшей Орловской классической гимназии. Слева от парадного входа под фирменной вывеской — другая, повествующая о том, что училищу присвоено звание коллектива высокой культуры. Справа от входа — массивная мраморная мемориальная доска с именами людей, ставших гордостью не только Орла, но и России:

«Здесь, в бывшей гимназии учились:

писатель Н. С. Лесков,
писатель П. Я. Якушкин,
писатель Л. Н. Андреев,
ученый, революционер,
большевик П. К. Штернберг,
исследователь В. А. Русанов,
художник Г. Г. Мясоедов,
физик К. Д. Краевич,
доктор медицины В. А. Басов».

На втором этаже здания — галерея портретов этих людей. На другой стене коридора установлен большой решетчатый стенд с двадцатью почетными грамотами центральных, республиканских и союзных органов: сегодняшнее поколение своими отличиями за труд и успехи рапортует памяти выдающихся земляков.

Коридор заканчивается залом. Против входа в него, на противоположной стороне — огромный стенд:

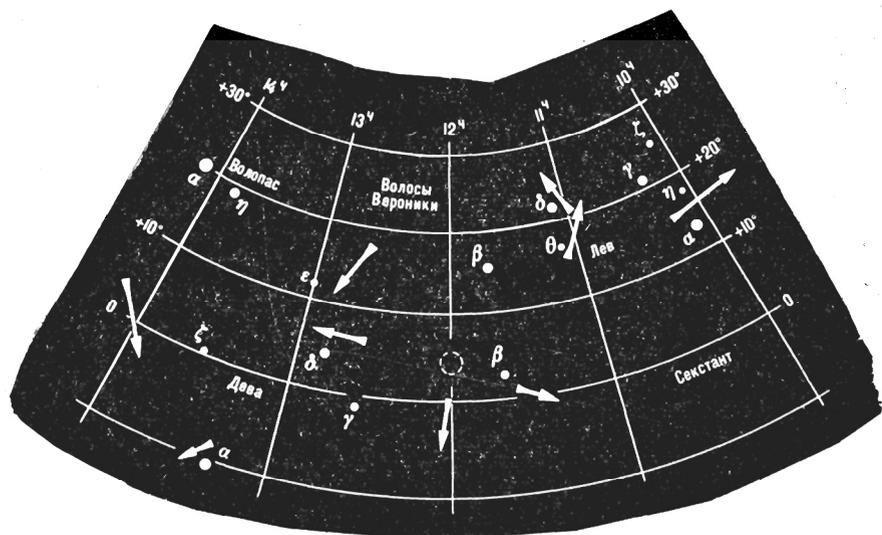
Теоретический радиант

«Наш земляк, революционер и выдающийся полярный исследователь В. А. Русанов».

Рассказ о родине Русанова будет неполным, если не вспомнить о том, что за тысячу километров от Орла жители Печоры тоже считают Русанова своим земляком.

По заданию Общества охраны памятников истории и культуры автору этих строк довелось побывать в Коми АССР. С помощью сотрудников Коми республиканского краеведческого музея были найдены дневниковые записи Русанова, сделанные им во время путешествия по Печоре в конце лета 1903 года. Среди них была и такая: «Придет время, когда на том берегу Печоры будет построен город, а здесь разбит прекрасный парк...» Легенда о Русанове как о первооснователе города Печора жива и сегодня. И вряд ли нужно против этого возражать.

К 50-летию Октября печорцы установили В. А. Русанову памятник. Пятиметровой высоты композиция установлена на живописной береговой круче, где широкий подъем от пристани переходит в улицу Владимира Русанова. Интересно и то, что имя Владимира Русанова стало символом дружбы между двумя молодежными коллективами двух городов — Печорского речного училища и Орловского производственно-технического училища № 6. Из Печоры в Орел прислали фотографии памятника. Юные орловчанки вышили на двух больших полотнах композицию памятника. Одно полотно — для своего музея, другое — в подарок Печорскому училищу к 100-летию юбилею выдающегося земляка.



Комета Когоутека, наблюдавшаяся в январе прошлого года, так и не достигла ожидаемой большой яркости. («Земля и Вселенная», № 2, 1974 г., стр. 44—51.) Сейчас она далеко ушла по своей очень вытянутой орбите. Проходя вблизи Солнца, ядра комет теряют не только газы, но и твердые частички, которые образуют метеорный поток вдоль кометной орбиты. Не исключено, что поток существует и вдоль орбиты кометы Когоутека.

Земля дважды в году сближается с

орбитой кометы — в первых числах марта и декабря. В эти моменты метеорные частицы могут встретиться с Землей. В «Астрономическом циркуляре» (807, 1974 г.) опубликованы координаты гипотетических метеорных потоков, вычисленные А. К. Терентьевой (Киев). Она определила дату сближения, расстояние орбиты от Земли, экваториальные координаты радианта и скорость встречи метеоров с Землей:

Дата сближения	2 марта	2 декабря
Расстояние орбиты от Земли	0,243 а. е.	0,030 а. е.
Координаты радианта:		
прямое восхождение	182°	230°
склонение	+5°	-16°
Скорость встречи	42,6 км/сек	42,2 км/сек

Участок звездного неба, где, возможно, действует радиант потока Бета-Виргинид. Теоретический радиант окружен. Стрелками показано направление метеоров, наблюдавшихся любителем астрономии А. Л. Ивановым с 1 по 3 марта 1974 года

В марте радиант потока лежит рядом со звездой β Девы, в декабре — близ звезды γ Весов.

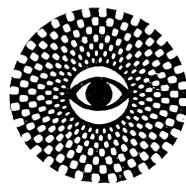
Некоторые любители астрономии попытались зарегистрировать метеоры из радианта, действие которого предполагается в марте. Эти метеоры можно назвать Бета-Виргиниды (от латинского названия созвездия *Virgo* — Дева).

М. П. Мельников из Ельска (Винницкая область) сообщает, что 2 марта 1974 года в течение двух часов не было замечено ни одного метеора, который можно бы связать с Бета-Виргинидами. Правда, условия видимости были мало удовлетворительные — наблюдались звезды до 2-й величины.

Тщательные наблюдения провела группа любителей астрономии в Лучегорске (Приморский край). За три ночи 1—3 марта обнаружено 12 метеоров, которые можно отнести к потоку Бета-Виргинид. Все метеоры оказались довольно яркими — около 1-й звездной величины. По мнению руководителя наблюдений Е. П. Кириллова, поток, вероятно, существует, хотя и очень слабый.

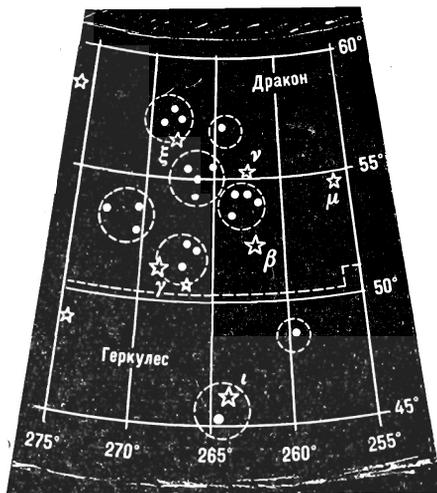
К такому же выводу пришел А. Л. Иванов из Славянска (Краснодарский край). За 5 часов 10 минут чистого времени он отнес к радианту пять метеоров от 3-й до 5-й звездной величины. Наблюдения велись по «программе максимум», то есть регистрировались многие параметры метеоров — блеск, цвет, длина, скорость, длительность и др. (И. Т. Зоткин. Наблюдения метеоров. М., «Наука», 1972 г.). Кроме того, метеоры наносились на звездную карту. Из пяти метеоров, пересекающихся в радианте, четыре имеют близкие характеристики: белые, размытые, медленные. Однако метеоров слишком мало, чтобы исключить возможность случайных пересечений.

Теоретический радиант подтверждается пока неуверенно. Очень желательны повторные наблюдения в 1975 году. Заметим, что декабрьский радиант более труден для наблюдений, так как имеет низкое склонение и восходит незадолго до рассвета.



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

Область радиантов Драконид



Ежегодно примерно 10 октября Земля проходит точку, ближайшую к орбите кометы Джакобини — Циннера. В 1933 и 1946 годах связанные с кометой метеорные частицы порож-

дали обильные звездные дожди потока Драконид. В остальные годы поток, как правило, был очень слабым. В октябре 1972 года ожидалось увеличение интенсивности Драконид, и астрономическая секция ЦС ВАГО организовала массовые наблюдения метеоров. В патрулировании неба участвовали сотни любителей астрономии в 80 пунктах СССР. К сожалению, поток оказался скудным — около 12 метеоров в час. («Астрономический вестник», 8, 1, 1974 г.)

Ярославские любители астрономии под руководством Н. В. Смирнова продолжили наблюдения за этим интересным потоком и в 1973 году. Одной из задач было определение положения радианта и момента максимума. По 308 метеорам, зарегистрированным с 5 по 11 октября, они очертили поле радиации Драконид. Получилось довольно протяженное поле с отдельными центрами, каждый из которых образован 6—8 метеорами. Большинство центров действовало в 1972 и 1973 годах. В метеорных каталогах радиант Драконид имеет координаты: прямое восхождение $17^{\text{h}}48^{\text{m}}$, склонение $+56^{\circ}$.

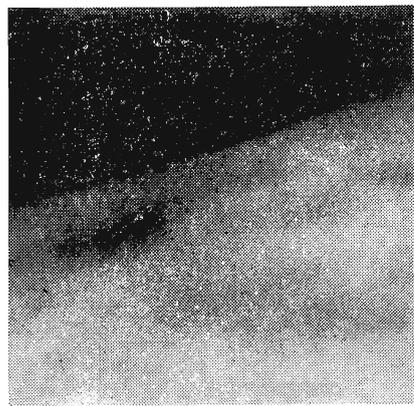
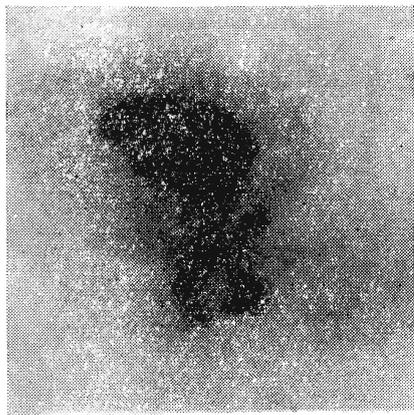
Ни в 1972, ни в 1973 годах не удалось наблюдать момент максимума потока. Он определен по нарастанию активности и ее спаду. Максимум активности потока Драконид в 1973 году пришелся на дневные часы — 15 часов 7 октября. Это немного раньше, чем было в предшествующие годы. Отмечено, что число драконид резко увеличивается с ростом звездной величины: 1-я величина — 1 метеор, 2-я величина — 9 метеоров, 3-я величина — 84 метеора.

Раздел ведет И. Т. ЗОТКИН

Область радианта метеорного потока Драконид по наблюдениям ярославских любителей астрономии. Круги — центры радиации, точки — стационарные метеоры

Инфракрасные снимки Солнца

Юношеская обсерватория



■
Большая группа солнечных пятен. Снимок сделан в инфракрасном диапазоне 10 сентября 1974 года

■
Та же группа солнечных пятен 21 сентября 1974 года. Пятна сместились к западному лимбу Солнца. Фотография получена в инфракрасных лучах

Осенью 1974 года члены астрономического кружка Дворца пионеров Орджоникидзевского района Харькова получили первые инфракрасные снимки Солнца. Фотографировалось Солнце окулярной камерой, укрепленной на 130-миллиметровом рефракторе Цейсса. Фокусное расстояние камеры 6 мм, телескопа — 2000 мм. Темно-красный окулярный фильтр, который имеется в наборе к телескопу, пропускал из всего спектрального диапазона лишь излучение с длинами волн больше чем 6100 Å. Использовались пластинки J 1050. Фотографирование велось в области длин волн 8000—11000 Å. Время экспозиции составляло, как правило, 0,2—0,3 секунды. При столь коротких выдержках, несмотря даже на атмосферную дымку, ребята достигли разрешения нескольких секунд (масштаб изображения на негативах 4" в 1 мм). Любопытно, что на некоторых инфракрасных снимках ребята наблюдали вокруг солнечных пятен светлую зону неправильной формы. По контрасту светлая зона не уступает полутени пятен, она имеет клочковатую структуру. По всей видимости, это — факельные поля.

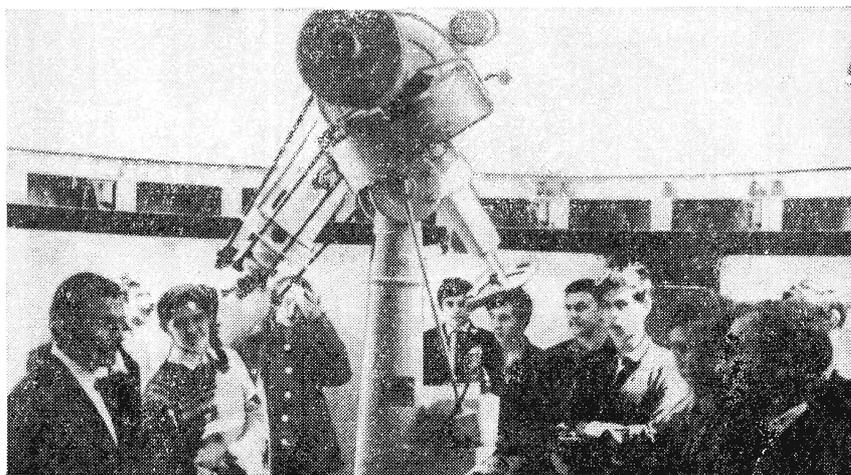
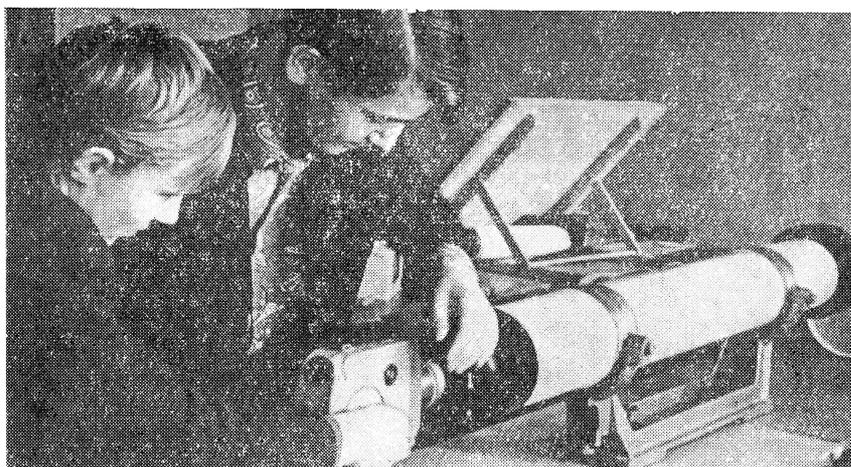
Первый успех инфракрасных наблюдений вдохновил кружковцев. Они и впредь собираются получать снимки Солнца в инфракрасных лучах, а возможно, и проводить их сравнение со снимками в других, не менее интересных участках спектра.

Руководитель астрономического кружка
С. Р. ИЗМАЙЛОВ,
Старший научный сотрудник
Харьковского университета
В. П. ВАСИЛЬЕВ

В 1972 году в Харькове, в Орджоникидзевском районе, где живут в основном рабочие заводов и строители, был открыт новый Дворец пионеров с астрономической обсерваторией. Его строительство еще не закончилось, а астрономический кружок уже начал свою работу. В октябре 1972 года в кружке насчитывалось 30 школьников 8—10 классов. Они помогли оборудовать башню для телескопа и кабинет астрономии, изготовляли наглядные пособия.

Первым астрономическим инструментом кружка стал 175-миллиметровый рефлектор, подаренный семьей покойного академика АН УССР Н. П. Барабашова. Затем Дворец пионеров приобрел 130-миллиметровый рефрактор Цейсса с автоматической системой управления. Изучив устройство телескопа, его оптическую схему и особенности установки, ребята приступили к монтажу инструмента в астрономической башне. С этой задачей они справились успешно, и уже в конце 1972 года на телескопе начались регулярные наблюдения. Позднее оборудование обсерватории пополнилось школьным рефрактором с диаметром 80 мм, зрительной трубой ЗРТ-457, двумя трубками АТ-1, микрофотометром МФ-2. Кружковцы своими руками сделали астрокамеру и приставку к телескопу Цейсса для фотографирования небесных тел.

В организации наблюдений большую помощь членам кружка оказывают сотрудники Харьковской астрономической обсерватории. Ребята проводят визуальные и фотографические наблюдения солнечных пятен, зарисовывают их, ведут подсчет чисел Вольфа. В телескоп юные астрономы



наблюдают также Луну, Марс, Юпитер и его спутники, Сатурн, яркие туманности. Уже выполнены первые определения диаметров лунных кратеров и высот кратерных валов, получены снимки Луны для фотографиче-

■ *Испытание самодельной астрокамеры. Фокусное расстояние ее объектива «Индустар» равно 50 см*

■ *Кружковцы осматривают фотографическую приставку к телескопу Цейсса*

■ *Школьники в гостях у юных астрономов*

Фото А. И. Хотина

ской карты нашего естественного спутника.

Проводятся в кружке и теоретические занятия. На них обсуждаются различные проблемы астрономии и космических исследований. Доклады и выступления ребята готовят самостоятельно. В их распоряжении неплохая астрономическая библиотека.

Кружковцы уже организовали две конференции, посвященные 500-летию юбилею Николая Коперника и 1000-летию со дня рождения Бируни, участвовали в двух астрономических олимпиадах и телевизионной викторине. Олимпиады и телевизионная викторина продемонстрировали хорошую теоретическую подготовку юных астрономов. Активные участники на-

граждены грамотами и подарками.

Занимаются кружковцы и пропагандой астрономических знаний среди своих сверстников. В обсерваторию часто приходят, особенно во время школьных каникул, ученики 7—10 классов. Юные астрономы рассказывают им о своей работе, знакомят с инструментами, проводят совместные наблюдения. Некоторые гости вскоре становятся членами кружка. Юные астрономы и их руководители С. Р. Измайлов и С. Н. Козлов стремятся превратить свою обсерваторию в центр пропаганды астрономических знаний.

С. Я. ГРЕЧКО



ПЛАНЕТА ЗОЯ

Однажды, перелистывая страницы «Истории Великой Отечественной войны», я увидел фотографию, от которой содрогнулось сердце. На снимке крупным планом была запечатлена мертвая девушка, лежавшая на снегу с обрывком веревки вокруг шеи... Да, это была она, отважная партизанка Зоя Космодемьянская.

В ноябре 1971 года — в канун 30-летия со дня гибели Зои «Комсомольская правда» напечатала мое обращение к советским ученым: «...Исследователи малых планет, назовите одну из них Зоя! Пусть отныне по околосолнечной орбите движется планета, носящая имя верной дочери Ленинского комсомола, Героя Советского Союза Зои Космодемьянской».

Призыв был услышан. Научный сотрудник Института теоретической астрономии АН СССР Т. М. Смирнова предложила присвоить имя Зои малой планете № 1793...

В нашей стране наблюдения малых планет были начаты еще в 1912 году на Симеизской обсерватории. Работа протекала очень успешно: 127 «симеизских» астероидов вошло в международный каталог. («Земля и Вселенная», № 4, 1973 г., стр. 59—64. — *Ред.*)

С 1964 года регулярные наблюдения малых планет стали проводиться на Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Здесь карликовыми планетами занимается группа ленинградских астрономов — сотрудников Института теоретической астрономии АН СССР. Для наблюдений и поисков новых астероидов они применяют двойной 16-дюймовый астрограф с фокусным расстоянием 1600 мм. Этим телескопом фотографируются участки звездного неба $10 \times 10^\circ$ на пластинки форматом 30×30 см.

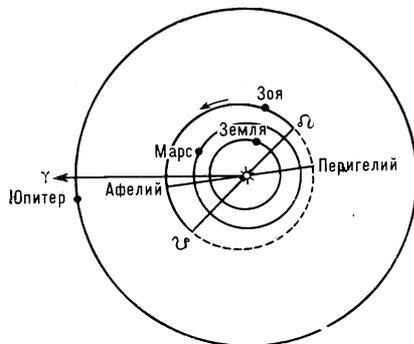
Чтобы зарегистрировать слабосветящиеся астероиды, используется особая методика фотографических

наблюдений. Один и тот же участок звездного неба снимается двумя камерами астрографа. В процессе экспозиции наблюдатель все время следит, чтобы малая планета попадала в одну и ту же точку пластинки. В результате на каждой пластинке изображение астероидов точечное, а звезды растягиваются в штрихи. Сравнение двух негативов позволяет отличить малую планету от случайных дефектов фотографической эмульсии. Благодаря такому методу наблюдений можно получить изображения очень далеких астероидальных тел, имеющих фотографическую звездную величину до 17,5.

Проявленные пластинки тщательно просматриваются на блинк- или стереокомпараторе. Иногда на негативах удается найти изображение сразу 10—15 малых планет. Определение их положений производится по опорным звездам: вокруг каждой планеты выбирается несколько звезд с известными координатами, к ним и осуществляется «привязка» малых планет.

Трудоемкие вычисления координат планет ведутся в Институте теоретической астрономии на машине БЭСМ-4, что позволяет крымской группе сосредотачивать усилия исключительно на наблюдениях и поисках новых астероидов. По количеству открываемых малых планет советские ученые опередили своих зарубежных коллег и вышли на первое место в мире.

...28 февраля 1968 года Т. М. Смирнова, просматривая очередную пластинку, обнаружила на ней сразу несколько астероидов. Один из них получил первоначальное обозначение 1968DW. По наблюдениям Г. М. Смирновой были определены элементы орбиты этого астероида: среднее расстояние от Солнца 2,2247 а. е., эксцентриситет орбиты 0,0974, наклон орбиты к эклиптике $1^\circ,5$. Анализ «анкетных данных» астероида показал, что этот небесный объект еще не был известен астрономам. Планету удалось наблюдать



и в следующем году, после чего она была занесена в каталог под номером 1793.

Научные сотрудники Международного планетного центра в Цинциннати (США) установили, что малая планета № 1793 наблюдалась уже не менее восьми раз. Самое первое ее наблюдение относится к 1932 году (тогда она получила предварительное обозначение 1932 MC), а в 1953 году ее заметили даже трижды. Но все наблюдения были разрозненные, не позволяющие надежно определить ее орбиту, и потому каждый раз астероид теряли. И только последовательные наблюдения, выполненные Т. М. Смирновой (а их должно быть не менее трех), привели к надежному определению элементов орбиты новой планеты, и теперь она наблюдается регулярно.

Около четырех лет оставалась малая планета безымянной. Но вот наступил и ее черед. «Досье» малой планеты № 1793 было направлено в Международный планетный центр, где и состоялось официальное утверждение ее названия. Что же мы знаем о новой планете, нареченной светлым именем советской героини?

Малая планета Зоя, как и большинство ее космических сестер, движется на значительном удалении от Солнца. Ввиду существенно эксцентриситета орбиты, расстояние планеты от дневного светила изменяется в довольно широких пределах: от 300 млн. км в перигелии до 365 млн. км в афелии. Период обращения астероида по орбите 3 года и 4 месяца. Следовательно, за 10 лет она трижды обходит вокруг Солнца и возвращается в прежнее положение относительно Солнца и Земли. В среднем через каждые 17 месяцев малая планета

Расположение планет 7 июня 1975 года — в день противостояния малой планеты Зоя



ПО ВЫСТАВКАМ
И МУЗЕЯМ

Мемориальный Дом-музей академика С. П. Королева

«С именем С. П. Королева навсегда будет связано одно из величайших завоеваний науки и техники всех времен — открытие эры освоения человеком космического пространства.»

**Президент Академии наук СССР
академик М. В. КЕЛДЫШ**

В Москве, в доме 2/28 по 6-му Останкинскому переулку открыт Мемориальный Дом-музей академика С. П. Королева (филиал Мемориального музея космонавтики). Здесь Главный конструктор первых ракетно-космических систем жил в последние годы своей жизни — с 1959 по 1966 год.

Знакомство с мемориалом начинается с просмотра короткометражного фильма, в котором посетители увидят Сергея Павловича Королева и услышат его голос.

В холле второго этажа, где стояли стеллажи с произведениями художественной литературы, сейчас — витрины с вещами, дипломами, орденами и медалями академика, а ря-

Зоя находится в противостоянии, но даже в периоды наиболее благоприятных противостояний ее отделяет от Земли не менее 1 а. е.

Абсолютная фотографическая звездная величина планеты равна 13,7. Можно оценить размеры малой планеты Зоя, сравнив ее блеск с блеском Цереры, Паллады, Юноны и Весты, диаметры которых измерены достаточно точно. Вероятно, средний поперечник планеты 7—8 км.

Ближайшее противостояние малой планеты № 1793 произойдет 7 июня 1975 года. Она будет двигаться вблизи эклиптики по созвездию Змееносца, между звездами η и θ . Во время оппозиции расстояние планеты от Земли составит 1,408 а. е. и от Солнца — 2,110 а. е., а фотографическая звездная величина достигнет 15,5.

Лектор Ленинградского планетария
О. Н. КОРОТЦЕВ

УНИКАЛЬНЫЙ СЕЛЬ В ХИБИНАХ

13 июня 1973 года на Кольском полуострове в Раслакском цирке — чашеобразном естественном углублении в привершинной части горы — отвалах центрального рудника комбината «Апатит», потеряв устойчивость, обрушились в долину ручья Бурового.

Основная масса селя сорвалась со склона цирка, где крутизна 35—37°; фронт отвыва имеет общую длину около 1 км. (Сели — бурные грязе-каменные потоки — возникают в горах после сильных дождей или интенсивного таяния снега на крутых склонах, где нет растительного покрова и много

продуктов разрушения горных пород.) После выхода из цирка селевой поток направился по долине ручья, срывая или увлекая за собой или оставляя по краям толстый слой дерна. Сель перегородил русло ручья, образовав большое озеро глубиной до 3 м. Язык селя в форме выпуклого вала толщиной не менее 5—7 м уничтожил елово-березовый лес на площади около 4 га.

Общая длина селя от места отрыва составила 3,7 км, средняя ширина языка 200 м, площадь селевых отложений около 0,74 км², а их объем порядка 6 млн. м³. Раслакский сель уникален, так как он сформировался из искусственно созданного рыхлого обломочного материала на склонах цирка. В течение нескольких лет раздробленные горные породы с карьера центрального рудника осыпались в отвалы, общий объем которых к моменту схода селя составил 13—14 млн. м³. Следовательно, раслакский сель — типичное техногенное явление. Техногенные селевые потоки известны на Кавказе, но там их размеры не превышают 0,1 млн. м³, раслакский же сель крупнее в 60 раз. Другая особенность этого селя — снег, фирн и лед в его составе, накопившиеся в отвалах за несколько лет в количестве не менее 1 млн. м³. Это обстоятельство, а также обильный дождь накануне, несомненно, сыграли свою роль в уменьшении вязкости массы обломочного материала и в возникновении селя. Поэтому раслакский сель можно назвать техногенно-гляциальным.

Еще одна интересная особенность этого потока — необычно большая дальность выброса. Он прошел расстояние 3 км по уклону всего 2—5°, тогда как обычно подобные потоки останавливаются уже на уклоне 8—10°. Вероятно, скорость движения селя была значительной.

«Метеорология и гидрология», 9, 1974.

дом — фотографии, иллюстрирующие его жизнь и деятельность.

В рабочем кабинете ученого — научно-техническая библиотека, насчитывающая более 1600 книг по различным отраслям знаний и характеризующая разносторонние интересы С. П. Королева. На полках — труды пионеров космонавтики К. Э. Циолковского и Ф. А. Цандера, испещренные пометками Сергея Павловича.

Посмертная маска Сергея Павловича установлена на специальном постаменте в траурной комнате, стены которой украшены изображениями звезд и галактик.

Холл первого этажа ведет в гостиную и столовую, где академик Королев принимал своих друзей, ученых и космонавтов.

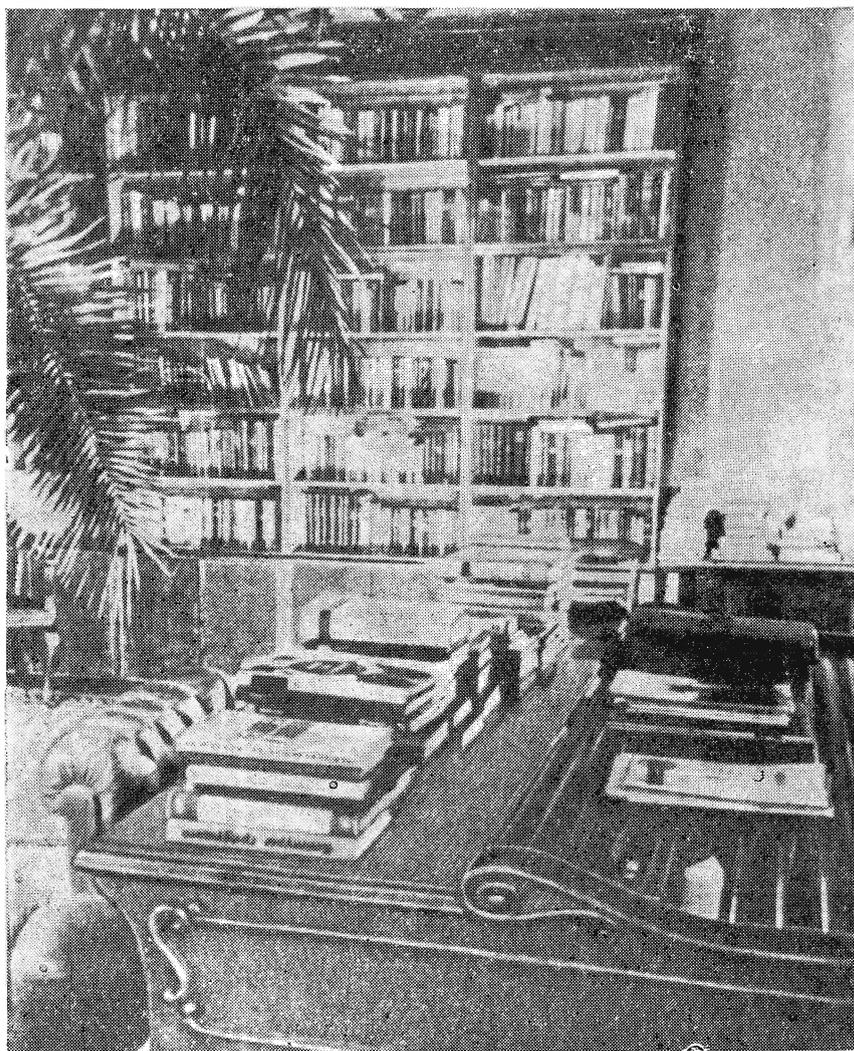
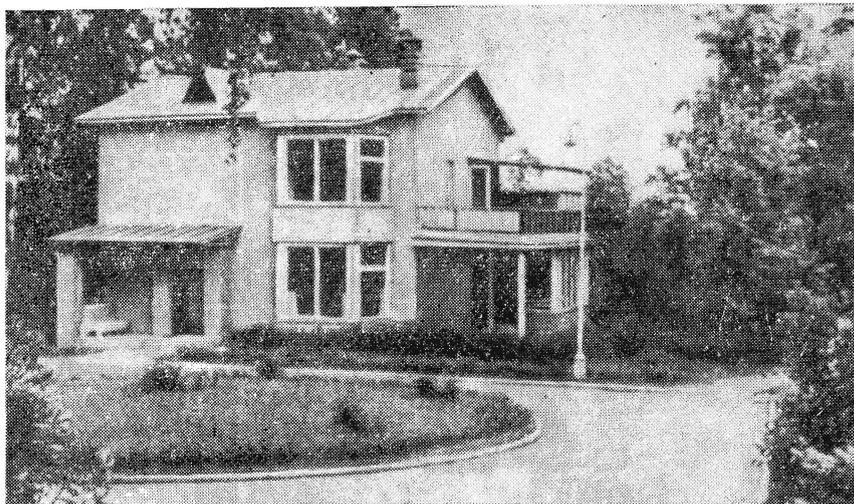
Воссоздать обстановку, которая была во всех комнатах дома при жизни академика, помогла его жена Нина Ивановна Королева, бережно сохранившая личные вещи, документы и книги С. П. Королева.

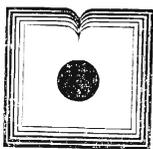
Большую помощь в организации музея оказали сотрудники Института истории естествознания и техники АН СССР, соратники ученого, директор Мемориального музея И. М. Крышкевич, научные сотрудники музея и художник-оформитель экспозиции А. Н. Нижорадзе.

**Д. В. СУПОНИН,
М. А. МИЛЬХИКЕР**

■
Мемориальный Дом-музей академика С. П. Королева

■
Кабинет С. П. Королева





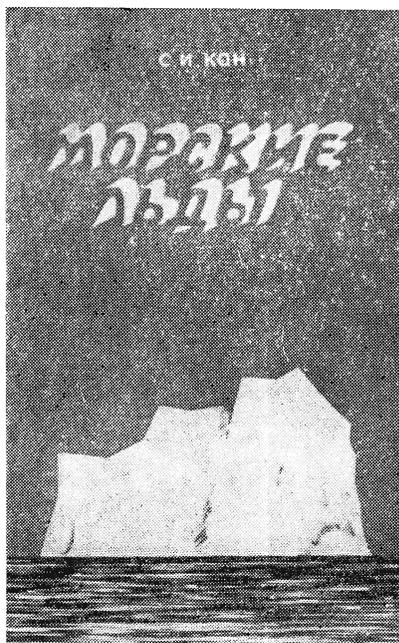
КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Новая популярная книга о льдах в море

Спасение в 1928 году ледоколом «Красин» экспедиции Нобиле, челюскинская эпопея 1933 года, первая зимовка папанинцев на дрейфующей льдине в 1938 году приковали интерес советских людей к арктическим льдам. Колхозники, рабочие, учащиеся ждали радиосводок и волновались: позволит ли лед сделать самолетам посадку в лагере Шмидта, смогут ли «Таймыр» и «Мурман» пробиться к папанинскому лагерю сквозь окружающие льды?

В наши дни, когда ежегодно отправляются антарктические экспедиции и открываются новые станции «Северный Полюс», желание узнать возможно больше о морских льдах еще более усилилось. А популярной книги о льдах в море и айсбергах по существу не было, и написать ее было очень трудно. Книга И. С. Песчанского «Стихия льда» написана недостаточно просто и оказалась интересной лишь для лиц, работающих в смежных областях. Брошюра И. Л. Первакова «Биография льда» касается в большей степени материковых и пресноводных льдов.

Книга С. И. Кан «Морские льды» (Гидрометеиздат, Л., 1974 г., 124 стр., тираж 70 тыс. экз.) является исключением. Она написана очень живо, читается с интересом и, безусловно, доступна читателям, впервые встретившимся с этим вопросом. В ней четыре главы. Первая называется «Льды в море». В ней описаны процессы замерзания морской и пресной воды, подчеркиваются их сходство и различия; объясняется, почему вначале толщина льда растет быстро, а потом — все медленнее и медленнее. Рассматривается способ предотвра-



щения или задержки льдообразования в прибрежной зоне подачей воздуха через уложенные на дне трубы.

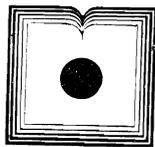
Далее автор рассказывает о возрасте морских льдов, о формах неподвижных и дрейфующих льдов, о процессах их таяния и механического разрушения. Заканчивается глава разделом «Материковые льды», где дается описание ледников, их образования, запаса, процессов отделения от них столообразных и пирамидальных айсбергов, их дрейфа и разрушения. Говорится о том, какую опасность представляют айсберги для мореплавания и об американских проектах буксировки айсбергов для получения из них пресной воды. С. И. Кан относит к материковым речные и

озерные льды. Это, хотя и отличается от общепринятых классификаций, но вполне логично, так как последние образуются в пределах материков.

Во второй главе «Похожи ли вода и лед?» излагаются современные представления о молекулярной структуре этих двух фаз воды, возможной температуре льда в море, об его структуре, механических и физических свойствах. Здесь же автор рассказывает о шведском ученом Финне Мальмгрене и его исследованиях во время дрейфа «Мод», о зимовке каравана советских судов в Сахалинском заливе Охотского моря.

В двух последних главах: «Друг или враг?» и «О полюсах» рассказывается о ледяных дорогах и переправах. Здесь немало примеров из истории войн (начиная с походов ливонских рыцарей и кончая Великой Отечественной войной), из хроники советских антарктических экспедиций, когда суда разгружаются на припайные льды. Затронуты вопросы обледенения судов в море. В главе «О полюсах» основное внимание уделено организации ледовых исследований в прошлом и будущем.

Язык книги очень прост. В ней нет ни одной формулы и ни одного графика. С. И. Кан сумела так построить изложение, что необходимость в графиках и диаграммах отпадает. В книге дано 16 фотографий на вклейках и 14 рисунков в тексте. Среди фотографий много оригинальных, не публиковавшихся ранее. Все они дают представление о льдах в море, о трудностях ледового плавания и работ на льду. Рисунки не снабжены подписями, так как они иллюстрируют многочисленные примеры из жизни,



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

которыми автор очень удачно дополняет рассказ о чисто научных проблемах. Например, на странице 58 говорится, как на Охотском море испытывали образцы льда на прочность и спасали их от таяния, а рядом — картинка, где показано солнце, освещающее прозрачный кубик. Там, где рассказывается, как обледеневают суда, помещен рисунок маленького

суденышка, идущего по штормовому морю. Однако есть и непонятные рисунки (страницы 15 и 51). Неясно, зачем на странице 84 помещен рисунок какого-то многоклеточного растения, хотя там идет речь о поселениях во льду одноклеточных водорослей.

К сожалению, это не единственный недостаток книги. Бросаются в глаза некоторые промахи, но их не столь

много, чтобы испортить впечатление от занимательной и очень полезной книги. Несомненно, она быстро будет раскуплена и можно надеяться, что тогда Гидрометеиздат выпустит второе издание книги, конечно, устранив чисто редакционные недочеты.

**Доктор географических наук
В. Л. ЦУРИКОВ**

НОВЫЕ КНИГИ

СПОР О «ПАРАДОКСЕ ЧАСОВ»

Специалисты в области теории относительности считают, что предмет подобного спора уже давно ушел в прошлое. Аргументация проста: «парадокс часов» — лишь одно из следствий частной теории относительности, а последняя, как известно, прекрасно подтверждена многими экспериментаторами и имеет солидный список инженерных приложений. Но все-таки... спор продолжается. Вот почему многие читатели нашего журнала заинтересуются книгой Л. Мардера «Парадокс часов».

Книга выпущена издательством «Мир» в 1974 году. Перевод с английского выполнил А. А. Бейлинсон, а предисловие к русскому изданию написал Н. В. Мицкевич.

Автор книги, не ограничиваясь обзором литературы, относящейся к «парадоксу часов», в широком плане рассматривает проблему относительности времени. Это вынуждает его затронуть вопросы, связанные с применимостью частной теории относительности, с последствием замедления времени в длительных космических рейсах, с природой «живых часов», а также остановиться на новейших экспериментальных результатах.

Основные главы книги: «Суть теории относительности», «Парадокс близнецов», «Скептики» (здесь рассматриваются такие принципиально важные вопросы, как одновременность, правильность частной теории относительности и др.), «Экспериментальные факты», «Парадокс часов в общей теории относительности». Книга предназначена всем, кто серьезно интересуется проблемами физики, астрономии и математики.

ТРУД, ПОВТОРНО ИЗДАНЫЙ ЧЕРЕЗ 37 ЛЕТ

В 1937 году вышла в свет книга А. А. Штернфельда «Введение в космонавтику», ставшая, по словам летчика-космонавта СССР В. И. Севастьянова, «большой книгой знаний, с помощью которой мы входили в космонавтику».

И вот в 1974 году издательство «Наука» выпустило второе издание книги (ответственный редактор член-корреспондент АН СССР Т. М. Энеев).

В блестящем вступительном сло-

ве, принадлежащем выдающемуся советскому ученому и конструктору академику В. П. Глушко, в частности, отмечается: «Счастливы тот, кто нашел свое призвание, способное поглотить все его помыслы и стремления, заполнить всю его жизнь чувством радости творческого труда. Дважды счастлив тот, кто нашел свое призвание в отроческие годы. А. А. Штернфельду выпало это счастье. С юных лет в нем зажегся неукротимый огонь стремлений к звездам, пылающий в нем и ныне».

14 мая 1975 года А. А. Штернфельду исполнится 70 лет. Он — заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук honoris causa Академии наук СССР, доктор физико-математических наук honoris causa Нансйского университета, почетный член Академии и Общества наук Лотарингии.

Книга А. А. Штернфельда переиздана почти без изменений, но дополнена примечаниями и комментариями, в которых новые данные, полученные в ходе реализации программы космических полетов, сравниваются с теоретическими исследованиями и идеями, изложенными в первом издании книги. Большинство из них были

воплощены в жизнь и подтвердились.

Основные части книги: «Предварительные сведения», «Ракеты», «Пути космического корабля». В «Резюме» перечислены проблемы, которые были разработаны автором задолго до начала космической эры и потом нашли полное подтверждение на практике. Книга рассчитана на специалистов в области ракетно-космической техники, историков космонавтики и пропагандистов ее достижений.

ПОПУЛЯРНО О ВЗРЫВАЮЩИХСЯ ЗВЕЗДАХ

В 1974 году в серии научно-популярных изданий Академии наук СССР вышла книга московского астронома Ю. П. Псковского «Новые и сверхновые звезды» (ответственный редактор член-корреспондент АН СССР Э. Р. Мустель). «Новые и сверхновые звезды, — пишет автор книги, — занимают особое место в звездном мире. Чтобы понять их роль и действительные события, протекающие в них, нам нужно познакомиться с широким кругом астрономических проблем. Мы совершим путешествие в Галактику — этот остров звездного мира, где расположена и наша Солнечная система, выйдем за ее пределы к другим галактикам, где тоже обнаружены новые и сверхновые звезды. Мы увидим, что изучение этих удивительных объектов находится на оживленном перекрестке астрофизики, через который пролетают пути к пониманию происхождения и развития звезд, газовых туманностей, галактик, космических лучей и т. п. Мы совершим путешествие также и в прошлое, к древним рукописям, в которых иногда обнаруживаются интересные сведения о вспышках звезд, сохранившие ценность и для современной науки. Но прежде мы ознакомимся с основными астрономичес-

кими инструментами, способами наблюдения и анализа их результатов».

Этот план книги реализован в ее следующих главах: «Астрономы исследуют звезды», «Будни Вселенной», «Обыкновенные новые звезды», «Спектральные летописи новых звезд», «Что скрывается за вспышками новых звезд?», «Сверхновые в далеких галактиках», «Спектры сверхновых во время их вспышек», «Вспышки сверхновых в нашей Галактике», «Реликты оболочек сверхновых», «Пульсары — еще один сорт реликтовых сверхновых», «Несколько трудных вопросов».

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся астрономией.

ЕЩЕ ОДНА КНИГА О ГИПОТЕЗАХ

В 1968 году издательство «Наука» выпустило в свет книгу В. А. Бронштана «Беседы о космо-се и гипотезах», в которой на примере познания Солнечной системы рассказывалось, «как создаются, проверяются и опровергаются научные гипотезы о происхождении и природе небесных тел».

В конце 1974 года вышла в свет еще одна книга того же автора — «Гипотезы о звездах и Вселенной» («Наука»). В ней отобраны «те проблемы, которые являются наиболее удобными и благодарными для иллюстрации «творческой кухни» астрономов и в то же время представляют интерес для читателя». Книга состоит из шести глав: «Солнце и звезды», «Необычные звезды» (пульсирующие и сверхновые), «Гипотезы о рождении звезд», «Гипотезы об эволюции галактик», «На просторах Метагалактики» (о теории «расширяющейся Вселенной»), «Аномальные галактики и квазары», «Горячая Вселенная».

Книга, в доступной и увлекательной форме излагающая историю создания и развития современной физики звезд и галактик, будет интересна многим любителям астрономии, а также преподавателям средних школ, профессионально-технических училищ и педагогических институтов.

«МИРОВОЗРЕНЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ В ЛЕКЦИЯХ ПО АСТРОНОМИИ»

Так называется сборник статей, выпущенный в 1974 году издательством «Знание» (составители В. Н. Комаров и В. В. Казютинский). Авторы статей — лекторы Московского планетария. В предисловии сформулирована цель сборника: «помочь лекторам планетариев, а также другим лекторам, ведущим пропаганду достижений естественных наук, повысить уровень этой работы». Поэтому в сборник включены атеистические и мировоззренческие материалы, относящиеся к ряду лекций, с которыми чаще всего приходится выступать пропагандистам достижений астрономии и космонавтики («В глубины Вселенной», «Солнце и жизнь Земли», «Солнечная система», «Звезды — людям», «Необыкновенные небесные явления», «Жизнь во Вселенной», «Освоение космоса», «Революция в астрономии»).

Анализу конкретных тем лекций предшествует вводная статья «Мировоззрение и современное естествознание». В сборнике есть и «Атеистические материалы для учебных лекций по астрономии».

Особо выделен раздел «Ответы на характерные вопросы». Здесь приводятся вопросы, которые непосредственно не вошли в ту или иную лекцию, но, как показывает опыт, часто возникают у слушателей. На каждый из таких вопросов в сборнике дается обстоятельный ответ.



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

В астрономической литературе иногда применяются термины «корреляция» и «коэффициент корреляции». Эти термины принадлежат, судя по всему, к числу математических, но ряд лиц, получивших высшее математическое образование, к которым я обращалась, с ними не знакомы. Прошу разъяснить их смысл.

Д. Я. ДУШЕЛЕ.

Юрмала, Латвийская ССР.

Редакция попросила профессора Р. В. КУНИЦКОГО дать ответ на этот вопрос.

Термин «корреляция», или «корреляционная связь», следует понимать, как взаимосвязь между несколькими переменными величинами. Академик А. А. Марков в курсе «Исчисление вероятностей» дает такое определение корреляции между двумя переменными X и Y : бывают «случаи, когда нельзя одну из величин X , Y рассматривать, как функцию другой в строгом смысле слова, а связь их заключается в том, что задание одной из них изменяет вероятности значения другой. Связь подобного рода принято называть **корреляцией**». Иными словами, сущность корреляционной связи между X и Y состоит в том, что при одном и том же значении X переменная Y может принимать различные значения, а при различных значениях X нельзя ожидать с одинаковой вероятностью одного и того же среднего значения Y . Если же одинаковым значениям X будут соответ-

ствовать одни и те же значения Y , то связь между X и Y называется **функциональной связью**, являющейся частным случаем связи **корреляционной**.

Изучая законы природы, астрономы и физики широко используют математическое абстрагирование, приводящее иногда к установлению важных закономерностей между различными характеристиками наблюдаемых явлений. Такие закономерности обычно оформляются как функциональные. Однако и астрономы и физики должны быть готовы к тому, что результаты выполненных ими новых экспериментов и наблюдений будут совпадать с результатами, предсказанными теорией, лишь с большей или меньшей степенью точности. Вызвано это не только случайными ошибками измерений, но и влиянием неизвестных (или малоизвестных) факторов, которые сказываются и на теоретических и на экспериментальных значениях измеряемых величин. Так бывает, даже если изучаемая функциональная связь проста и основана на «твердо установленных» законах природы. Например, используя закон всемирного тяготения для расчета траектории искусственного спутника Земли внутри «сферы действия Земли», первоначально можно решать «задачу двух тел», принимая нашу планету за центральное тело. Однако, чтобы получить мало-мальски приемлемые результаты расчета, необходимо также учитывать возмущение движения спутника притяжением Солнца, Луны и некоторых наиболее массивных или близких планет. При этом все-таки остаются неучтенными другие факторы, влияющие на траек-

торию искусственного спутника Земли (притяжение далеких планет, сопротивление среды и т. д.). Если на небесной сфере построить теоретически рассчитанную видимую траекторию спутника, а затем с помощью тех или иных приборов произвести ряд наблюдений его положения, то полученные положения спутника обязательно окажутся расположенными (в виде отдельных точек) лишь вблизи его рассчитанной видимой траектории.

Означает ли это, что теоретические расчеты выполнялись по неверным формулам или наблюдения искусственного спутника недостаточно точны? — Ни то, ни другое. Просто, помимо допущения неизбежных технических неточностей, не были учтены факторы, оказывающие второстепенное влияние на траекторию искусственного спутника Земли. Точность же астрономических измерений ограничена качествами применяемых приборов. Стало быть, расхождение связано не с «неверностью» формул, по которым для заданных моментов времени вычислялись видимые координаты спутника, а с тем, что «верных» формул вообще не существует. Как же так, — могут спросить меня, — разве площади круга, прямоугольника и других плоских фигур не изменяются **в точности** пропорционально квадратам их линейных размеров? И неужели зависимость $S = \pi R^2$ и т. п. не абсолютно точны? Да, они точны, но только при их математической идеализации. Едва только требуется подтвердить их правильность на практике, так сказать, в природных условиях, с которыми имеют дело экспериментаторы и наблюдатели, то никакая,



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

даже наиболее тщательно выполненная работа не позволяет нам это сделать с **абсолютной** точностью. В отличие от математики и отчасти философии, науки, изучающие природу, не находят в ней тождеств. Природа тождеств не знает! Два электрона не тождественны уже по одному тому, что они имеют различные пространственные координаты относительно любой системы отсчета.

Каждое явление природы — это следствие неисчислимо большого количества других, предшествовавших ему явлений. Из них некоторые могут иметь настолько доминирующее значение, что оказывается возможным игнорировать все остальные, «второстепенные» явления. Именно так обстоит дело в расчетах видимого движения искусственного спутника Земли. Подобных примеров можно привести великое множество, и это позволяет прийти к выводу о существовании в природе только корреляционных зависимостей, которые в редких случаях (и то лишь с определенной степенью точности) могут переходить в зависимости функциональные.

Теория корреляции возникла в конце прошлого века и в настоящее время получила права гражданства в экономических и технических дисциплинах. Среди наук, изучающих природу, теория корреляции нашла наибольшее применение в биологии, в астрономии и физике ее используют крайне редко. Математики же рассматривают теорию корреляции, как один из разделов математической статистики. Именно поэтому изложение основ теории корреляции обычно начинается не с пояснений ее непосредствен-

ной близости к природе или к человеческому обществу, а с применения терминов вроде «статистическая совокупность», «стохастическая связь», «тетрафорический» и других, чуждых наиболее распространенным разделам математики. И зачастую возникший у читателей интерес к теории корреляции безнадежно пропадает.

Общая теория корреляции сложна и громоздка, и на практике большей частью ограничиваются изучением корреляционной связи двух переменных X и Y . При этом обычно решают две основные задачи. Первая сводится к выводу формул, по которым, задавая значения одной переменной, можно получить наиболее вероятное значение другой. Вторая задача состоит в нахождении числового критерия, характеризующего «тесноту» корреляционной связи переменных X и Y . Если эта связь близка к линейной, таким числовым критерием служит «коэффициент корреляции», обозначаемый буквой r . Его абсолютная величина колеблется между нулем и единицей. Близость абсолютного значения r к единице указывает на существование тесной корреляционной связи между X и Y , а при $|r| = 1$ корреляционная связь превращается в функциональную.

Когда расстояние между Землей и Венерой наименьшее и когда наибольшее?

Г. ГРЕЧАНОВСКАЯ.
г. Бобровицы, Черниговская обл.

По просьбе редакции на этот вопрос отвечает В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ.

Наименьшее расстояние между Землей и Венерой бывает во время ее нижних соединений с Солнцем, когда Венера проходит между Землей и Солнцем; наибольшее — во время верхних соединений, когда Земля находится по одну сторону от Солнца, а Венера — по другую.

Так как Венера обращается вокруг Солнца в среднем на расстоянии 0,723 а. е., а Земля 1 а. е., наименьшее расстояние составит $1 - 0,723 = 0,277$ а. е., или 41,4 млн. км, а наибольшее $1 + 0,723$ а. е., или 257,8 млн. км. Но и у Земли, и у Венеры орбиты не круговые, а эллиптические, поэтому наименьшие расстояния могут колебаться от 38,1 до 44,7 млн. км, а наибольшие от 254,5 до 261,0 млн. км.

Совместное движение Земли и Венеры приводит к тому, что через 8 лет соединения Венеры с Солнцем повторяются лишь несколькими днями раньше, когда Земля находится в той же части своей орбиты. От одного нижнего соединения Венеры до следующего проходит 1 год 7 месяцев, и в 8 лет укладывается почти точно пять таких периодов. Через 4 года вместо нижнего соединения в те же числа месяца происходит верхнее, а вместо верхнего — нижнее.

За последние 8 лет нижние соединения Венеры:

В КОНЦЕ НОМЕРА

29.VIII. 1967 0,286 а. е. 42,8 млн. км
8. IV. 1969 0,283 а. е. 42,3 млн. км
10. XI. 1970 0,268 а. е. 40,1 млн. км
17. VI. 1972 0,289 а. е. 43,2 млн. км
23. I. 1974 0,268 а. е. 40,1 млн. км
Верхние соединения Венеры за те же 8 лет:
20. VI. 1968 1,736 а. е. 259,7 млн. км
24. I. 1970 1,7121 а. е. 256,1 млн. км
27.VIII. 1971 1,729 а. е. 258,7 млн. км
9. VI. 1973 1,727 а. е. 258,4 млн. км
6. XI. 1974 1,715 а. е. 256,6 млн. км
27 августа 1975 года состоится очередное нижнее соединение, расстояние между Землей и Венерой будет 0,287 а. е., или 42,9 млн. км. Это нижнее соединение повторяет соединение 29 августа 1967 года. На все последующие годы легко рассчитать даты соединений Венеры с Солнцем, прибавляя 8 лет и вычитая из нашей таблички по два дня. Это будут 6 апреля 1977 года, 8 ноября 1978 года, 15 июня 1980 года, 21 января 1982 года, 25 августа 1983 года и т. д.
Кстати, во время каждого нижнего соединения к Земле обращено всегда одно и то же полушарие Венеры. Это происходит потому, что синодический период обращения Венеры (584 суток) почти равен пятикратному солнечному периоду вращения планеты (117 суток).

**Уважаемые читатели,
не забудьте оформить подписку
на второе полугодие 1975 года на журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»!**

СЛУЧАЙ В МИРЕ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Течение Времени от века было не-
удержимо и неизменно, невозмутимо
и независимо. Но явился Принцип
Относительности, и Время потеряло
былую солидность, стало эластичным
и унизились до зависимости от Ско-
рости, переменчивой от природы.
Следуя ее прихотям, Время в наши
дни то растягивается, то сокращается,
как дождевой червь на мокрой зем-
ле.

Если бы что-либо могло достигнуть
Скорости Света, Время должно было
бы совсем остановиться и прекратить
свое жалкое существование. А что с
ним должно было бы случиться, если
бы Скорость преступила эту запрет-
ную черту, мы достоверно не знаем,
но об одном опыте нам передавали
в таких словах:

Нежная дама, по имени Вета,
Всюду носилась со скоростью
света.
Вышла сегодня с печальной
мыслью
Этак пройтись в относительном
смысле,
А возвратилась — вчера до рас-
света.

А. Д. БОЙКО

2 МАРТ АПРЕЛЬ 1975

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

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

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат.
наук Д. Я. МАРТЫНОВ. Ответствен-
ный секретарь кандидат пед. наук
Е. П. ЛЕВИТАН.

Член-корреспондент АН СССР Г. А.
АВСЮК, доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат.
наук В. А. БРОНШТЭН, член-корресе-
пондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ,
доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV, док-
тор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ,
доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦ-
КИЙ, доктор географических наук
В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук
Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук
Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙ-
ЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НО-
ВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф.
ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат.
наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-
мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, док-
тор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВ-
СКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А.
РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕ-
ОКТИСТОВ.

Адрес редакции: 117333
Москва В-333, Ленинский пр., д. 61/1
тел. 135-63-08, 135-64-81

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

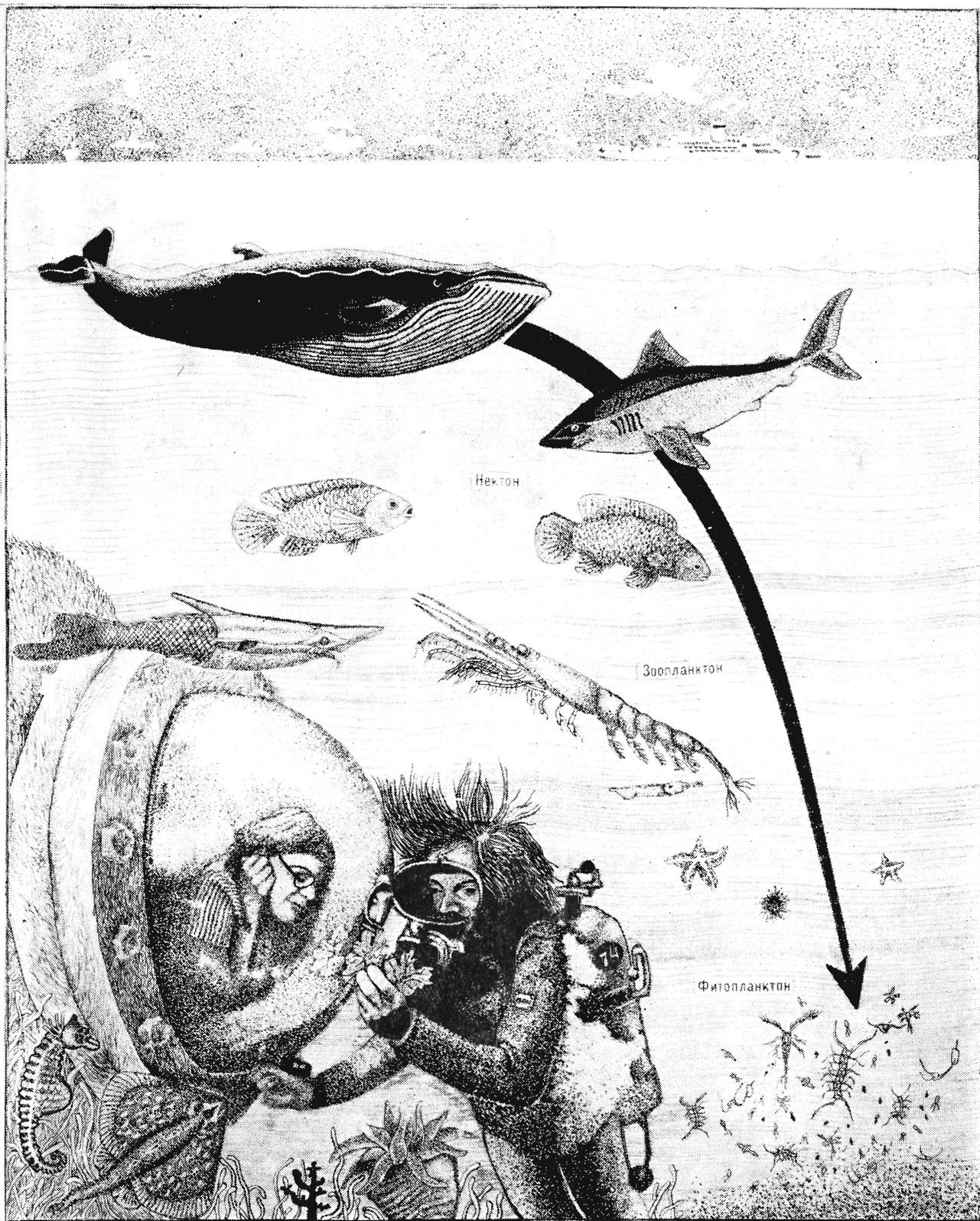
Корректоры: С. М. Веритэ,
Т. Н. Морозова

Обложку оформил В. Вандр

При перепечатке ссылка на журнал
«Земля и Вселенная» обязательна.

Т-02 152. Подписано в печать 26/III 1975 г.
Сдано в набор 30/XII 1974 г. Формат бу-
маги 84X108¹/₁₆. Бум. л. 3,0. Печ. л. 10,08.
Уч.-изд. л. 12,2. Цена 40 коп. Тираж
45 000 экз. Заказ 1541.

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



Основная пищевая цепь в море. Микроскопические одноклеточные растения (первые звенья пищевой цепи) поедаются растительноядным зоопланктоном и многими видами мел-

ких рыб, а те, в свою очередь, служат кормом для рыб и хищников. Органические остатки — главный источник пищи для обитателей глубинных зон. Население мелководья

дополнительно питается крупными растениями, а также органическими частицами, поступающими с речным стоком (к ст. В. М. Гринберга).



ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА"

ЦЕНА 40 КОП
ИНДЕКС 70336